

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

# **Naklápění hydraulických podpěr u mobilních jeřábů**

## **Tilting of Hydraulic Props for Mobile Cranes**

Student: Marek Gorgol

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2011

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Gorgol**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje  
Téma: **Naklápění hydraulických podpěr u mobilních jeřábů**  
**Tilting of Hydraulic Props for Mobile Cranes**

Zásady pro vypracování:

1. Pro nakládací jeřáb WM 195 (výroby Ostroj) navrhnete automatické naklápění stabilizačních podpěr v transportní poloze s požadovanými parametry:  
Naklopení podpěry o 300, 450, 1800  
Naklápění podpěr – automatické, bez zásahu obsluhy.
2. Zpracujete problematiku současného stavu.
3. Zpracujete konstrukční návrh naklápění stabilizačních podpěr včetně potřebných výpočtů.
4. Zpracujete konstrukční návrh naklápění o 1800 včetně potřebných výpočtů a návrhu hydraulického obvodu.
5. Zpracujete dílenské výkresy vybraných součástí.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vyd. Praha, Ediční středisko ČVUT Praha, 1999. 119 s.
- KOPÁČEK, J. – PAVLOK, B. *Tekutinové mechanismy*. 1. vyd. Ostrava, VŠB – TU Ostrava 2005, ISBN 80-248-0586-0
- Firemní literatura OSTROJ, a.s. Opava

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



---

doc. Dr.Ing. Ladislav Kovář  
*vedoucí katedry*



---

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
*děkan fakulty*

### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 23.5.2011

Marek Jílek  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

- беру на ве́доміі, же Высoкá школа ба́ньскá – Техни́кá универзи́та Остра́ва (да́ле же́н VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

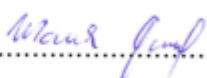
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- было́ сже́днано, же́ с VŠB-TUO, в пpипаде́ за́йма з же́й стpаны, узавpу лицен́чи́ сmlouvu s о́пpавне́нием у́жит дiло в ро́зса́ху §12 о́дст. 4 аутоpскéго за́кона.

- было́ сже́днано, же́ у́жит své дiло – дипло́мовоу пpа́ци nebo poskýtnout лицен́чи́ к же́jíму využí́ті мо́ху же́н се соу́хласем VŠB-TUO, же́тá je о́пpавне́на в та́ковéм пpипаде́ о́де мne по́жадо́ват пpимéренý пpи́спéвек на úхpаду náкладо́в, же́тe byly VŠB-TUO на vytvópеní дiла vynalóжены (а́ж до же́йих skutečné́ výše).

- беру на ве́доміі, же́ о́де́вздо́нием své пpа́це соу́хласі́м се зве́режне́нием své пpа́це по́дле за́кона ч. 111/1998 Sb., о́ вы́соких шко́лах а о́ зме́не́ а до́пне́ние да́льших за́конов (за́кон о́ вы́соких шко́лах), вe зне́нии по́здéjších пpедпи́сů, без о́хле́ду на вы́сле́дек же́й о́бха́юбы.

V Ostravě: 23. 5. 2011



## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GORGOL, M. *Naklápění hydraulických podpěr u mobilních jeřábů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2011, 50 s. Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním řešením automatického naklápění hydraulických podpěr u mobilních jeřábů. V úvodu práce se nachází rozdělení různých typů podpěr, používajících se běžně v praxi. V dalším bodě jsou navrženy konstrukční řešení všech částí mechanismu jak 30° a 45° tak i 180° varianty naklápění. Dále je také navrženo řešení vysouvání podpěr a naklápěcí mechanismus 180° varianty. Při navrhování naklápěcího mechanismu je brán zřetel na správnou funkčnost a bezpečnost provozu celku. Práce je doplněna důležitými výpočty kontrolujícími spolehlivost návrhu a u 180° varianty také návrhem hydraulického obvodu, který zajišťuje správnou funkčnost mechanismu.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

GORGOL, M. *Tilting of Hydraulic Props for Mobile Cranes: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2011, 50 p. Thesis Head prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

The thesis deals with a construction of automatic tilting of hydraulic props for mobile cranes. The introduction describes the diversity of props in common use. In the following chapter every part of tilting mechanism for tilting angle of 30°, 45° and 180° is designed. There is also design of hydraulic extension of the props and tilting mechanism of 180 degree props-type. While designing the tilting mechanism the utility and safety were considered. The thesis is supplemented with calculations verifying dependability of the project and there is design of hydraulic circuit, which ensures the functionality of the mechanism for 180 degrees tilting of the hydraulic props.

# OBSAH

Seznam použitého značení.....	- 8 -
1 Úvod a cíl práce.....	- 9 -
2 Rozdělení a přehled jeřábových podpěr.....	- 10 -
2.1 Pevné podpěry .....	- 10 -
2.2 Výklopné podpěry .....	- 12 -
2.3 Výsuvné podpěry .....	- 13 -
2.3.1 Bez naklápění.....	- 13 -
2.3.2 S naklápěním.....	- 14 -
3 Vlastní řešení.....	- 18 -
3.1 Konstrukční řešení hlavních částí .....	- 18 -
3.1.1 Příčník .....	- 18 -
3.1.2 Naklápěcí vačka .....	- 24 -
3.1.3 Držák podpěry .....	- 26 -
3.1.4 Výsuvná část podpěry .....	- 27 -
3.1.5 Noha podpěry .....	- 31 -
3.2 Řešení vysouvání podpěr .....	- 34 -
3.3 Řešení naklápění o 30° a 45° .....	- 36 -
3.4 Řešení naklápění o 180° .....	- 37 -
3.4.1 Princip naklápění .....	- 38 -
3.4.2 Hydraulický obvod .....	- 40 -
4 Výpočty.....	- 42 -
4.1 Kontrola průřezů podpěr .....	- 42 -
4.2 Kontrola svaru na čele podpěry .....	- 46 -
4.3 Kontrola nohy podpěry na vzpěr .....	- 47 -
5 Závěr .....	- 49 -
6 Seznam použitých zdrojů.....	- 50 -
6.1 Seznam použitého software.....	- 50 -
7 Přílohy .....	- 51 -

## Seznam použitého značení

$D$	Velký průměr válce	[mm]
$d$	Malý průměr válce	[mm]
$e$	Vzdálenost osy rotace od nejvzdálenější hrany	[mm]
$G_B$	Tíha zvedaného břemene	[N]
$G_J$	Tíha jeřábového ramene	[N]
$G_{PP}$	Tíha příčnicku a podpěr	[N]
$G_V$	Tíha vozidla	[N]
$G_{VP1}, G_{VP2}$	Celková tíha vozidla a podpěr působící na nosník	[N]
$I_x, I_{1X}, I_{2X}$	Moment setrvačnosti k ose $x$	[mm <sup>4</sup> ]
$KV_{min}$	Minimální nárazová práce svarového kovu	[J]
$k_s, k_{sv}$	Bezpečnost na mezi kluzu	[-]
$k_{kr}$	Bezpečnost ke kritickému napětí	[-]
$l_1, l_2$	Výška válce nohy podpěry	[m]
$l_{red}$	Redukovaná délka nohy podpěry	[mm]
$M_{KL}$	Klopný moment od ramene jeřábu	[Nmm]
$M_o$	Ohybový moment	[Nmm]
$R_A, R_B$	Reakce na podpěrách	[N]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]
$R_{eL}$	Dolní mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$S$	Plocha průřezu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{sv}$	Nosná plocha průřezu svaru	[mm <sup>2</sup> ]
$W_o$	Modul odporu průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$x$	Vzdálenost průřezu od působíště síly	[mm]
$\alpha$	Úhel naklopení ramene jeřábu	[°]
$\sigma_{kr}$	Kritické napětí	[MPa]
$\sigma_o$	Ohybové napětí	[MPa]
$\sigma_{red}$	Redukované napětí	[MPa]
$\tau_o$	Tečné napětí	[MPa]
$\tau_v$	Výsledné smykové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{\perp}$	Smykové napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{  }$	Ohybové napětí ve svaru	[MPa]



# 1 Úvod a cíl práce

Klíčem ke zvedání maximálního nákladu jeřáby je zajištění jejich stability. Toho lze docílit pomocí takzvaných hydraulických podpěr. Ty si můžeme představit jako nohy zasahující do stran jeřábu, držící jeřáb ve správné poloze a zabraňující jeho překlopení při zvedání těžkých břemen. Správným využitím podpěr se mnohonásobně zvětšuje bezpečnost i efektivita práce. Tyto nohy musí být konstruovány takovým způsobem, aby je bylo možno složit do těla jeřábu, díky čemuž nebudou při přepravování ohrožovat okolí.

Cílem mé diplomové práce je navrhnout naklápací mechanismus podpěr mobilního jeřábu, tj. jeřábu, který bývá spojen převážně s nákladním vozidlem. Nakládání budu navrhovat speciálně pro jeřáb WM 195 firmy Ostroj a.s. Jedná se o jeřáb vyšší kategorie, umožňující manipulovat s těžkými břemeny i ve velkých vzdálenostech od vozidla.

Mechanismus bude konstruován tak, aby proces nakládání podpěr byl plně automatický, tím se zvýší jednoduchost a bezpečnost ovládání. Nakládání bude konstruováno ve dvou variantách. Nakládání o malý úhel ( $30^\circ$  a  $45^\circ$ ) pomocí tvarové vačky a druhá varianta bude podpěry naklápět o  $180^\circ$ . Ta bude zvedat podpěry na principu tažného řetězu spojeného s hydraulickým válcem.

V prvním kroku této práce chci prozkoumat trh firem, které jeřábové podpěry vyrábějí, abych zjistil, jaký princip skládání používají. Dále chci také zjistit, zdali výrobci používají také naklápací mechanismy podpěr, případně jaké konstrukce a z jakých materiálů se běžně vyrábějí. Ze všech získaných informací poté budu vycházet při navrhování svého konstrukčního řešení.

V dalším kroku se zaměřím na vlastní návrh řešení podpěr jak pro  $30^\circ$  a  $45^\circ$ , tak i pro  $180^\circ$  variantu. Udělám postupně přehled všech použitých částí konstrukce i s popisem a jejich úkolem v mechanismu. Dále se ve své práci budu věnovat samotnému principu vysouvání a nakládání podpěr spolu s 3D modely mechanismu. Ke  $180^\circ$  variantě, která bude ovládaná hydraulickým válcem, navrhnu také část hydraulického obvodu, který bude mít nakládání podpěr na starost.

Své řešení nakonec ověřím výpočty, kterými zjistím, zdali bude možné nakládání spolehlivě a bezpečně používat v běžném provozu.

## 2 Rozdělení a přehled jeřábových podpěr

Průzkum trhu a zpracování stávající problematiky hydraulických podpěr jsem omezil na podpěry mobilních jeřábů. Pro toto odvětví budu také navrhovat svůj naklápěcí mechanismus.

Podpěry na mobilních jeřábech se konstruuji tak, aby nepřekážely, nezabíraly mnoho místa a nenarušovaly bezpečí, když zrovna nejsou používány (např. při jízdě jeřábu). Avšak kdykoli je potřeba je zapojit do práce, musí být snadno a rychle připravené plnit svoji úlohu. Tohoto se docílí mnoha různými metodami.

Podle principu skládání do přepravního stavu je můžeme rozdělit tři hlavní druhy. Těmi jsou podpěry pevné, výklopné a výsuvné. Těmito třemi však nekončí spektrum vyráběných podpěr, ostatní typy ale nejsou příliš rozšířené a nebudu se jimi zabývat.

### 2.1 Pevné podpěry

Pevné podpěry jsou z těchto tří výše jmenovaných typů nejjednodušší, ovšem nejméně rozšířené. Jsou to podpěry, které jsou zasazeny v pevné konstrukci spojené s jeřábem. Používají se pouze pro případy, kde není třeba velká stabilita jeřábu. Hlavním důvodem pro použití bývá fakt, že podpěry nezasahují příliš daleko do prostoru od jeřábu. To umožňuje relativně stabilizovanou manipulaci s materiálem v místech, kde by se jiné typy nedaly využít, např. v blízkosti stěn domů, silnic, řek, apod. I tato výhoda je však poslední dobou nahrazována jak výklopnými, tak i výsuvnými typy podpěr, jelikož jsou konstruovány tak, že je můžeme vertikálně vysunout i ve složeném stavu. Tím se docílí stejného efektu jako u podpěr pevných.

Kvůli nedostatečné stabilitě nejsou vhodné pro jeřáby manipulující s těžkými břemeny, případně pro jeřáby, které zvedají břemena z větších vzdáleností. Nejčastěji se s nimi můžeme setkat u menších jeřábů montovaných na nákladní vozy, případně se můžou použít jako pomocný stabilizátor u větších jeřábů.

Na obrázku 2.1 si můžeme všimnout mobilního jeřábu s již vysunutými pevnými podpěrami, a můžeme vidět, že tyto podpěry nezasahují příliš do šířky, pouze mírně navyšují stabilitu danou již samotnými koly. Podpěry u tohoto modelu tvoří zároveň základnu pro jeřáb, což zjednodušuje celkovou konstrukci mechanismu.



*Obr. 2.1 Mobilní jeřáb s pevnými podpěrami v základně*

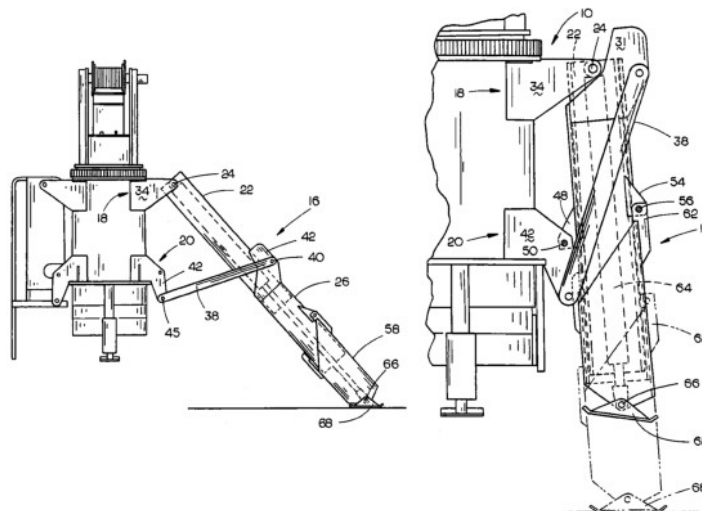
Tyto podpěry mohou být také konstruovány jako samostatná součást jeřábového ústrojí (viz obr. 2.2). Ušetří se tím hmotnost jeřábu, ovšem za cenu menší pevnosti podpěr. Další výhodou tohoto řešení je i snížení základny jeřábu a tím i těžiště, čímž se zvýší celková stabilita.



*Obr. 2.2 Jeřáb s oddělenými pevnými podpěrami*

## 2.2 Výklopné podpěry

Výklopné podpěry se nepoužívají příliš často, především díky rozšíření výsuvných podpěr. Oproti podporám pevným můžeme regulovat vzdálenosti, do kterých podpěry vysuneme (viz obr. 2.3) a získat tak o mnoho stabilnější celek. To nám dovolí manipulaci s materiálem, u kterých by při použití pevných podpěr hrozilo překlopení jeřábu.



Obr. 2.3 Schéma výklopné podpěry z amerického patentu [8]

Velkou výhodou této konstrukce oproti výsuvným podpěrám je větší úhel naklonění podpěr. Tím se rozloží reakční síla do složky odpovídající úhlu vyklopení, což nám umožňuje manipulaci s materiálem i na větší vzdálenosti. Nevýhodou jsou velké rozměry, které sice zajišťují vysokou pevnost, ale omezují své použití pouze na jeřáby větších rozměrů (viz obr. 2.4). Z důvodů složitější konstrukce bývají dražší a také náročnější na údržbu.



Obr. 2.4 Vysunutá výklopné podpěry

## 2.3 Výsuvné podpěry

Výsuvné podpěry jsou z těchto tří typů nejrozšířenější. Jsou vyráběny v mnoha různých variantách. Používají se jak pro malé, tak i pro ty největší jeřáby, hlavně díky jejich spolehlivosti a jednoduchosti. Dovolují vysunutí do relativně velké vzdálenosti, čímž vytvoří velmi stabilní základu i pro jeřáb manipulující s těžkými břemeny.

Skládají se z příčniku, tj. členu, který pevně spojen s ramenem jeřábu, z výsuvných podpěr vodorovně se zasouvajících příp. vysouvajících se z příčniku a z hydraulického válce tvořícího nohu podpěry.

Podle způsobu propojení hydraulického válce s výsuvnou částí podpěry můžeme dále výsuvné podpěry dělit na propojení bez naklápění (pevné) a propojení s naklápěním (otočné).

### 2.3.1 Bez naklápění

Výsuvné podpěry bez naklápění mají nejjednodušší konstrukční řešení výsuvných podpěr. Výsuvná část podpěry je s hydraulickým válcem spojena pevně. Tento typ lze využít také jako podpěry pevné, kdy samotná podpěra není vysunutá, ale hydraulický válec se vertikálně vysune a podepře jeřáb. Velkou výhodou tohoto řešení je jeho pevnost, kde díky absenci jakéhokoli dalšího mechanismu není podpěra v žádném místě oslabena.



Obr. 2.5 Výsuvná podpěra bez naklápění



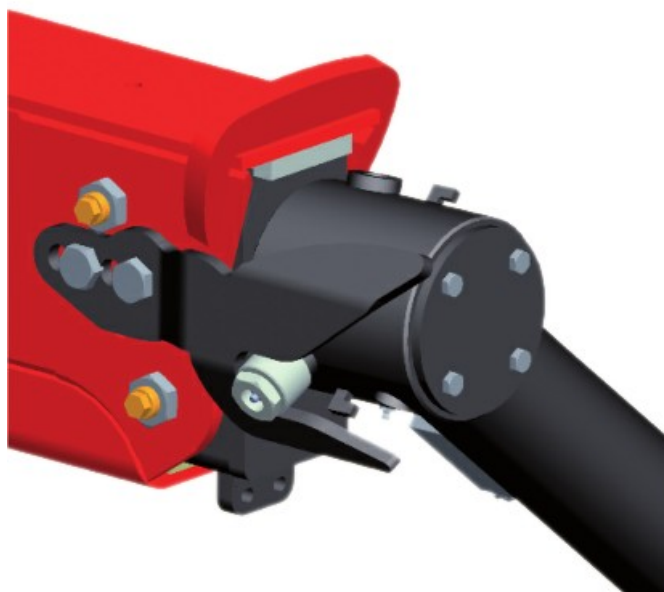
### 2.3.2 S naklápěním

Výsuvné podpěry s naklápěním se od podpěr bez naklápění liší tím, že vysouvající se podpěra je s hydraulickým válcem spojena pomocí otočné vazby. Díky té se válec těsně před zasunutím do přepravní polohy naklopí o požadovaný úhel. Používají se nejčastěji v případech, kde by klasické podpěry kolidovaly s jiným zařízením umístěným na rámu vozidla (nádrž, baterie, apod.). Díky naklopení se také zvětšuje vzdálenost mezi podpěrou a zemí, čímž snižujeme pravděpodobnost kolize podpěry s případnou nerovností terénu. Tím se může předejít případnému poškození samotné podpěry.

Do kategorie výsuvných podpěr s naklápěním zapadají také podpěry, které budu v této práci dále navrhovat. Pro přehlednost můžeme tyto podpěry ještě dále rozdělit dle úhlu naklopení v přepravní poloze na naklopení s nízkým úhlem (převážně naklopeny o úhel zhruba 45°) a na podpěry naklopené o celých 180°.

#### *Nízký úhel naklopení*

Podpěry naklápěné o nízké úhly jsou často používané právě na vozidlech, kde konstrukce jeřábu zasahuje do jiných částí na rámu vozidla. Naklápění je nejčastěji řešeno automaticky, kdy při zasouvání příčnicku naráží otočný váleček spojený s hydraulickým válcem na tvarovou vačku připojenou ke konstrukci jeřábu. Posouváním po vačce se celý válec naklápí. Při vysouvání příčnicku se vačka pomalu spouští opět po stejné ploše vačky až do doby, kdy s ní úplně sjede a podpěra je opět ve vertikální poloze. Samotný tvar vačky ovlivňuje úhel naklopení podpěry (viz obr. 2.6)



*Obr. 2.6 Schéma naklápění z brožury firmy Epsilon Palfinger*

Správným tvarem vačky je možno docílit naklopení podpěry i o pouhých pár stupňů. Na obrázku 2.7 si můžeme všimnout aplikaci tohoto řešení, aby se zabránilo kolizi hydraulického válce s nádrží.



*Obr. 2.7 Podpěra naklopená o velmi malý úhel*

Kromě použití pro vyhýbání se jiným částem na rámu se podpěry s naklápěním používají také pro jeřáby montované na zadní část rámu vozidel. V těchto případech jde především o zvětšení náběhového úhlu vozidla (viz obr. 2.8).



*Obr. 2.8 Podpěry na jeřábu v zadní části rámu*

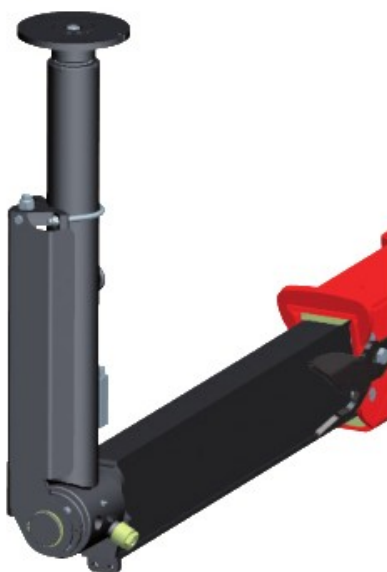
### *Naklápění o 180°*

Podpěry naklápěné o 180° se používají většinou v případech, kde si nevystačíme ani s naklápěním o malé úhly, tj. nad koly jeřábu (viz obr. 2.9) apod. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je nutnost zapojit dva samostatné pohyby (vysunutí podpěry a naklopení), kterými se prodlouží čas potřebný k připravení jeřábu na práci.



*Obr 2.9 Podpěra umístěná nad koly vozidla.*

Při svém průzkumu trhu jsem našel dva způsoby naklápění o 180°. Jedním z nich je naklápění pomocí řetězu, který je jedním koncem veden na kole napojeném na příčník (nepohyblivou část) a druhý konec je napojený do hydraulického ústrojí na naklápěné podpěře (noze). Pro zvýšení bezpečí může být na řetězu přidán kryt (viz obr. 2.10).



*Obr. 2.10 Konstrukce naklápění o 180° s bezpečnostním krytem*



Druhým způsobem je naklápění ručně, pomocí pákového mechanismu. Velkou výhodou tohoto řešení je, že zvedání i spouštění hydraulického válce je plynulé v celém rozsahu pohybu. Díky tomuto řešení také nejsou potřeba žádné dodatečné hydraulické mechanismy, jako u řešení předchozího. Méně použitých mechanismů znamená méně částí vyžadujících údržbu a menší pravděpodobnost poruchy. Samotná páková konstrukce je velmi robustní a pevná.



*Obr. 2.10 Naklápěcí systém firmy LIV Hidravlika [6]*

### 3 Vlastní řešení

Při návrhu vlastního řešení nakládání jsem se částečně inspiroval konstrukcí podpěr, které jsem našel v rešerši. Vycházel jsem také z konstrukce podpěr u mobilního jeřábu WM 145 firmy Ostroj a.s. Podpěry toho jeřábu jsou však konstruovány odlišně a jsou navrhovány pro práci s menším zatížením [1].

Jeřáb WM 195, pro který navrhuji nakládání podpěr v této práci, patří do vyšší kategorie jeřábů. To znamená, že je konstruován pro zvedání těžších břemen a jeho podpěry musí být tedy navrženy dostatečně pevně, aby mohly zaručovat bezpečnou a pohodlnou práci.

Jelikož jeřáb bude v drtivé většině případů pracovat venku, je nutné zařídit, aby použité materiály odolaly povětrnostním podmínkám. Z toho důvodu jsou všechny kovové části podpěr upraveny pozinkováním a případně i opatřeny nátěrem se zvýšenou odolností vůči počasí. Toto opatření by mělo zamezit případnému korodování a tím i nežádanému poškození částí.

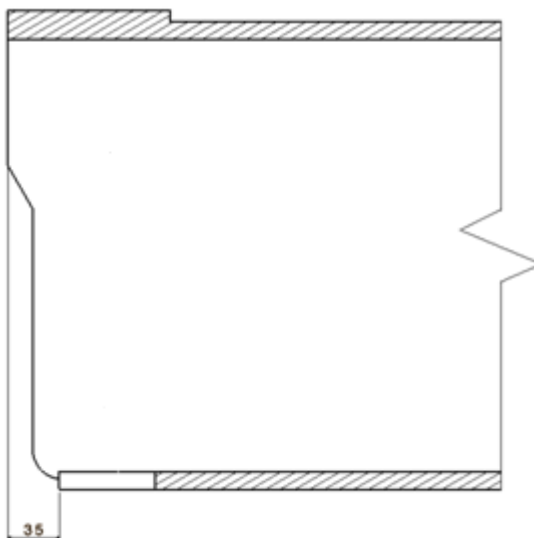
#### 3.1 Konstrukční řešení hlavních částí

##### 3.1.1 Příčník

Nosnou částí celé konstrukce je příčník. Je to část pevně spojená s konstrukcí jeřábu. Slouží jako rám pro zasouvající se části podpěr. Příčník je částí, která zachytává veškeré zatížení vzniklé při práci s podpěrami a jelikož se jedná o nejvíce namáhanou část, musí být podle toho také konstrukčně navržen.

Hlavní část rámu je tvořena čtyřmi svařenými kusy plechu. Plechy na bocích rámu mají tloušťku 6 mm a horní a spodní plech, u kterých bude namáhání větší, mají tloušťku 12 mm. Z důvodů velké náročnosti na pevnost je horní plech u konců mírně zkrácený a zbývající část je nahrazena 110 mm dlouhým plechem o tloušťce 20 mm. Všechny plechy jsou vyrobeny z materiálu s mezí kluzu  $R_e = 700$  MPa, to by mělo zajišťovat dostatečnou pevnost celku.

Pro zvýšení pevnosti podpěr bylo třeba zajistit, aby byla horní část příčnicku přesazená před spodní. Obecně platí, že čím větší by přesazení bylo, tím lépe by rám zachytával zatížení vzniklé zapřením podpěr. Avšak z důvodů používání stejného příčnicku pro všechny úhly naklápění, je délka přesazení podstatně omezená polohou nohy podpěry otočené o 180°. Sestrojením modelu podpěr jsem dospěl k závěru, že největší možné přesazení, při němž ještě nehrozí kolize rámu s nohou je 35 mm (viz obr. 3.1).



*Obr. 3.1 Řez zakončením příčnicku se zakótovaným přesazením*

Boky příčnicku mají tento přechod mezi delší horní částí a kratší dolní částí vyřešeny 30° skosením. Spodní část je však stále z důvodu zvýšení pevnosti přesazena o 18 mm před dnem příčnicku. Spodní hrany boků příčnicku jsou zaobleny, aby se předešlo ostrým hranám, protože v tomto místě se bude vyskytovat vedení hydrauliky.

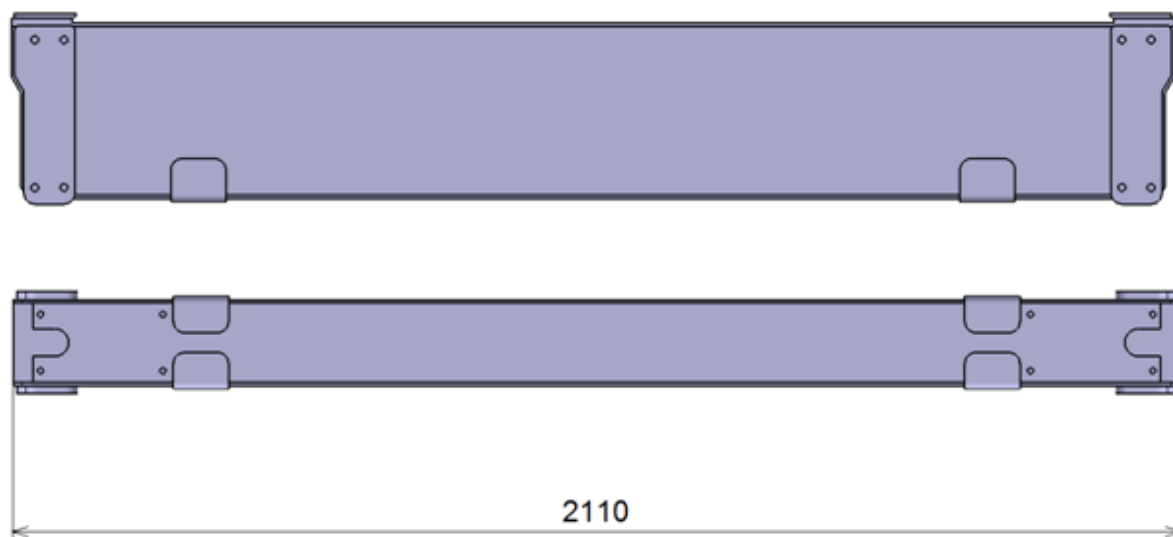
Plech tvořící dno příčnicku má na obou koncích vybrání (obr. 3.2). Touto úpravou je umožněno vedení hydrauliky k válci, který má za úkol vysouvat podpěry z rámu. Díky vybrání na obou stranách můžeme vedení hydrauliky umístit ze strany, kde to bude konstrukčně výhodnější, aniž bychom museli otáčet příčník. Do dna jsou rovněž vyvrtány díry průměru 11 mm. Těmito děrami budou vedeny šrouby připevňující rámeček kluzné desky ke dnu příčnicku.



*Obr. 3.2 Zakončení dna příčnicku*

Pro získání větší pevnosti jsou na koncích příčnicku z obou stran dodatečně navařeny 15 mm tlusté plechy. Ty ze strany kopírují tvar zakončení příčnicku, aby nenarušovaly funkčnost příčnicku a nepřekážely při naklápění podpěr. Tyto plechy mají kromě zpevnění konců příčnicku také další využití. Jsou do nich vyvrtány závitové otvory M16, do kterých se následně přišroubuje u 30° a 45° varianty tvarová vačka, a u 180° varianty držák nohy podpěry.

Na koncích horní části, v místě kde je 20 mm plech, najdeme navařený dodatečný obdélníkový plech tloušťky 8 mm o rozměrech 134 x 113 mm. Namáhání příčnicku při vysunutých podpěrách však nevzniká pouze na koncích příčnicku, ale i v místech, kde se opírá zadní část podpěry o rám příčnicku (viz kapitola 3.2). Z tohoto důvodu jsou tato místa zpevněny navařením ohnutých plechů tloušťky 6 mm. Těmito úpravami by se mělo zabránit vzniku případných trhlin a poruch na rámu příčnicku. Náhled celého příčnicku je na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 Celý příčník se zpevněním se zakótovanou šířkou

#### *Kluzné desky a jejich rámeček*

Důležitou součástí příčnicku jsou kluzné desky umístěné ve spodní části na obou jeho koncích. Jejich hlavním úkolem je snížit tření při vysouvání a zasouvání podpěr.

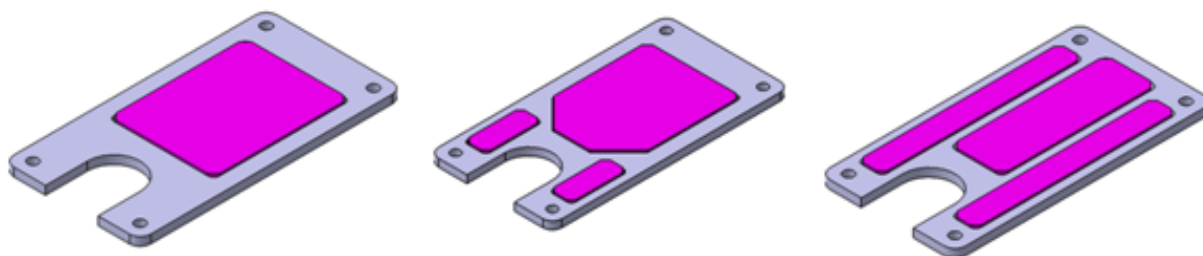
Samotné desky jsou uloženy v rámečku. Ten musí být konstruován takovým způsobem, aby byl co nejširší a umožňoval tak maximální plochu kluzné desky. Z důvodů umístění svarů příčnicku na vnitřní straně nemůže rámeček zabírat celou šířku vnitřku příčnicku zevnitř, ale musí být mírně zmenšen. Odsazení jsem zvolil na obou stranách 7 mm, což by mělo poskytovat dostatek prostoru pro svar.

Pro rámeček jsem nakonec použil 8 mm tlustý plech s rozměry 130 mm na šířku a 250 mm na délku. Délka je volena s ohledem na vzdálenost maximálního výsunu podpěr v příčniku. Podpěry se totiž vysouvají do té doby, než deskou přivařenou na dně rámu narazí do rámečku. V tomto místě je poté dosaženo maximálního požadovaného bočního výsunu podpěr (více v kapitole 3.2).

Rámeček je ke dnu příčniku přišroubován čtyřmi šrouby M10, to by mělo poskytovat dostatečně pevné spojení. Šrouby jsou zajištěny pružnou podložkou, aby se předešlo samovolnému uvolňování. Délka šroubů nesmí přesahovat 20 mm, aby šrouby nepřesahovaly přes výšku kluzné desky a neškrábaly spodní část výsuvné podpěry, čímž by nejen nepříznivě ovlivnily tření mezi podpěrou a příčником, ale rovněž poškozovaly samotnou podpěru.

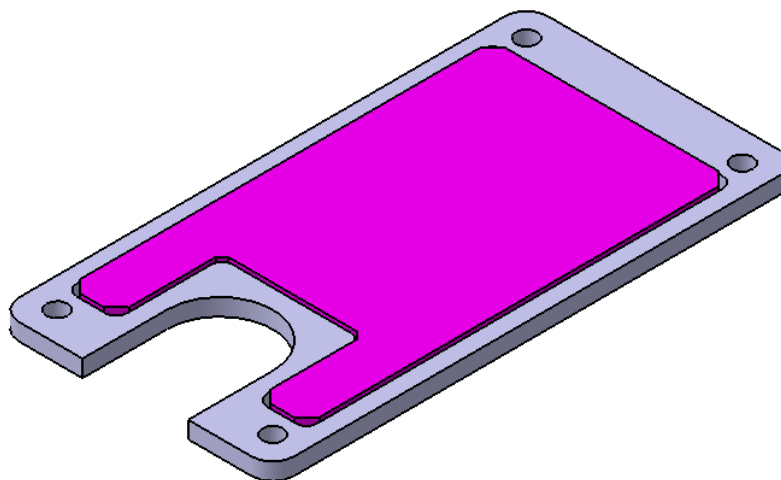
Jelikož rámečky překrývají konec příčniku, musí být stejně jako dno příčniku opatřeny výřezem pro přívod hydraulického vedení. Ačkoli je výřez pro vedení hydrauliky potřeba pouze na jednom konci příčniku, je výhodnější použít oba rámečky stejné, aby případné náhradní díly mohly být totožné a ušetřila se tak složitá výroba rozdílných kusů. V rámečku je vytvořená díra odpovídající tvaru kluzné desky. Do té se deska při montáži podpěr volně položí. Celý tvar rámečku i s dírou se vyřezává laserem.

U návrhu tvaru kluzné desky jsem začal jednoduchou konstrukcí, kde by deska měla obdélníkový tvar (obr 3.4 vlevo). Toto řešení jsem ale zavrhl hlavně z důvodu malé kluzné plochy. Pro zvětšení kluzné plochy bylo potřeba, aby deska zasahovala i do stran výřezu na rámečku. Proto další návrhy, kdy jsem se snažil o zvětšení plochy, obsahovaly více desek jednoduchých tvarů zasazených do rámečku (viz obr 3.4 uprostřed a vpravo). Díky těmto řešením by se zvětšila kluzná plocha, ale počet desek by komplikoval výrobu a případnou výměnu desek.



*Obr. 3.4 První návrhy tvaru kluzné desky v rámečku*

Pro svůj finální návrh (obr 3.5) jsem proto zvolil kluznou desku z jednoho kusu. Ačkoli bude výroba takového tvaru složitější a dražší než u obyčejných geometrických tvarů, bude toto řešení poskytovat maximální možnou kluznou plochu, kterou můžeme na navrženém rámečku použít.



*Obr. 3.5 Finální podoba kluzné desky s rámečkem*

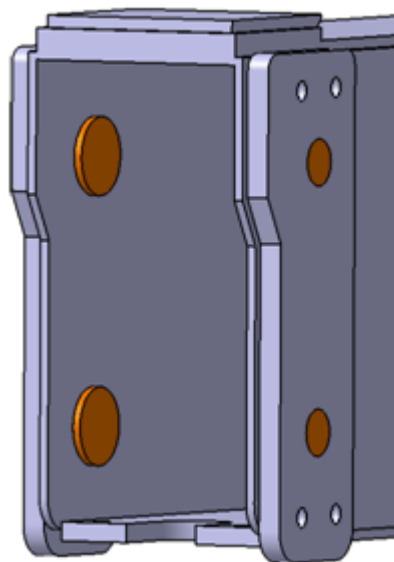
Kluzná deska je vyrobena z 10mm tlustého kusu materiálu TECAST-TM, vyráběného firmou Ensinger [5]. Jedná se o nylon (polykaprolaktam – PA6), mezi jehož vlastnosti patří například velmi dobrá obrobitelnost, pevnost a tvrdost a odolnost vůči abrazi. Je také odolný vůči povětrnostním vlivům, díky čemuž jej můžeme bez obav používat i při práci venku. Odolává také většině olejů a mazadel, se kterými by mohl náhodou přijít do styku. Je použit zejména díky jeho výborným kluzným vlastnostem i za sucha.

V případě potřeby zvýšení přesahu kluzné desky nad rámeček nebo v případě, kdy deska nad rámeček už příliš nepřesahuje (například z důvodu opotřebení desky), můžeme mezi dno příčnicku a samotnou desku vložit tenký plech. Ten by měl tvarem odpovídat díře v rámečku a výškou odpovídat potřebnému vyvýšení desky.

#### *Vymezení vůle mezi příčnickem a podpěrrou*

Součástí příčnicku musí být také člen, který bude vymezovat boční vůli mezi podpěrrou a stěnami příčnicku. Touto úpravou snížíme rozsah případného bočního pohybu podpěr a také se zlepší vedení podpěr při vysouvání. Těmito členy zamezíme nežádoucímu kontaktu stěny podpěry na stěnu příčnicku, čímž zabráníme případnému opotřebovávání obou těchto částí.

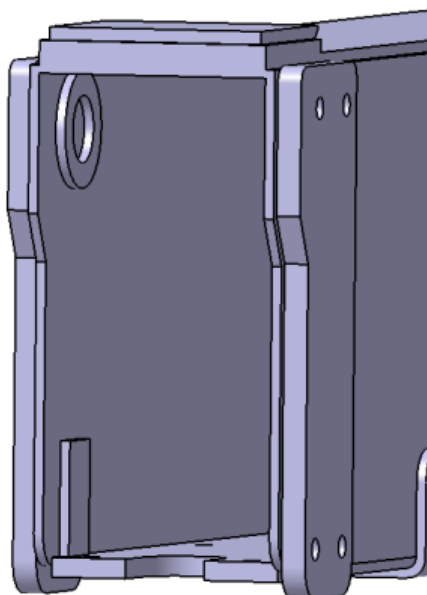
Při navrhování způsobu, jakým bude vymezená boční vůle, jsem se rozhodoval mezi dvěma způsoby. Prvním bylo použití vmezovacích čepů (obr. 3.6), stejně jako je tomu u podpěr jeřábu WM 145. Jsou to čepy ze stejného kluzného materiálu jako kluzná deska. Jsou zasunuty do děr, které jsou vyvrtané v bocích příčnicku a jsou podloženy plechovými podložkami, kterými určujeme velikost jejich vysunutí. Jejich velkou výhodou je možnost regulace a tím lepší vmezování vůle. Avšak toto provedení je velmi drahé a díry, které by bylo potřeba vyvrtat do příčnicku, by snížily pevnost konce příčnicku. Tuto variantu jsem díky těmto nevýhodám zavrhl.



*Obr. 3.6 Umístění čepů (oranžové barvy) na konci příčnicku*

Druhou možností, jak omezit kontakt příčnicku a podpěry, je navařením vmezovacích plechů dovnitř rámu na výstupu z příčnicku. Tento způsob se používá u stávajících podpěr jeřábu WM 195, které nemají naklápění. Výhodou tohoto řešení je mnohonásobně jednodušší konstrukce a hlavně levnější výroba, než je tomu u předchozí metody. Velkou nevýhodou je nemožnost regulace vůle mezi podpěrou a příčnickem. I přes nevýhody jsem se však rozhodl pro tuto variantu, hlavně díky jednoduchosti a faktu, že je toto řešení používáno u podpěr, pro které naklápění navrhuji.

Na vnitřní stranu příčnicku bude tedy navařena v horní části kruhová podložka s vnějším průměrem 72 mm, vnitřním průměrem 41 mm a s tloušťkou 6 mm. V dolní části je navařen plech 70 x 40 mm stejné tloušťky jako podložka (viz obr. 3.7).



*Obr. 3.7 Náhled na použité vymešovací plechy*

### **3.1.2 Naklápěcí vačka**

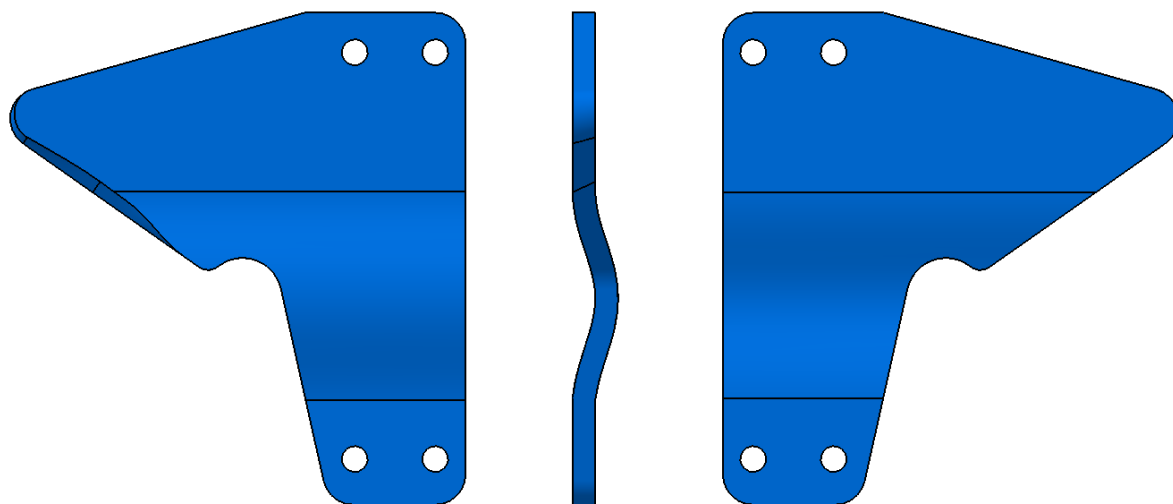
Ačkoli je vačka součástí příčnicku jako celku, rozhodl jsem se ji věnovat samostatný odstavec, zejména z důvodů její důležitosti v celém mechanismu. U podpěry s naklápěním o 30° resp. 45° je vačka částí, díky které je celý proces naklápění umožněn. Princip naklápění spočívá v odvalování válečku spojeného s nohou po speciálně tvarované ploše vačky.

Naklápěcí vačka je tvořena plechem s mírným prohnutím, jak můžeme vidět na obrázku 3.8. Toto prohnutí je zde z důvodu trajektorie, po které se váleček připojený na noze pohybuje. Plocha, po které dochází k odvalování, je opatřena proměnlivým zkosením. Díky této úpravě se váleček od nájezdu na plochu až po dosažení koncové polohy dotýká vačky maximální možnou plochou.

Na vačce je vytvořeno mírné prohloubení, které má za úkol zajistit nohu podpěry v koncové poloze. Rádus tohoto prohloubení i jeho zkosení odpovídá rozměru a poloze válečku. Ačkoli toto prohloubení zajišťuje nohu proti pohybu, je tvarováno tak, aby z něj váleček při vysouvání podpěry snadno vyjel. Díky tomu je proces naklápění u zasouvání i vysouvání podpěry plně automatický.

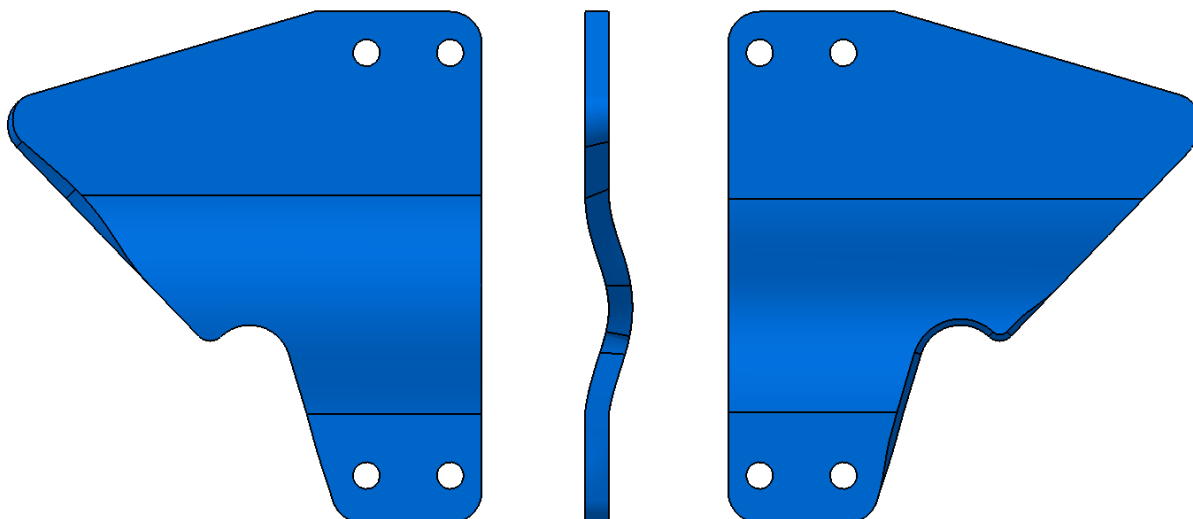
Z důvodů velkého namáhání a rázů vznikajících při jízdě jeřábu, jsem pro konstrukci zvolil plech o tloušťce 15 mm. Toto řešení by mělo poskytovat dostatečnou pevnost a bezpečnost při běžném provozu. V případě jakéhokoli poškození lze vačku velmi snadno odšroubovat a opravit nebo případně vyměnit.





*Obr. 3.8 Vačka pro naklápění o 30°*

Vačky pro naklápění o 30° respektive o 45° jsou si velmi podobné. Jediným rozdílem je jiný tvar zkosení vačky. Váleček spojený s nohou musí totiž u 45° naklápění putovat o kus níž, z tohoto důvodu musí být rovněž zkosení čelní plochy odlišné. U 30° varianty je váleček v koncové poloze vodorovně a čelní plocha tedy končí také vodorovně. Vačka u 45° musí mít čelní plochu zkosenou dále o opačný úhel, než je tomu na nájezdové části. Toto zkosení můžeme pozorovat na obr. 3.9 vpravo.



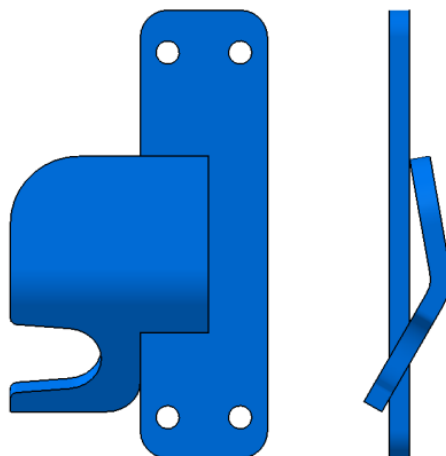
*Obr. 3.9 Vačka pro naklápění o 45°*

Jako materiál vaček jsem zvolil konstrukční ocel S355J2G3, což je nelegovaná jakostní konstrukční ocel. Tento materiál je běžně používán pro vačky u podpěr menších jeřábů firmy Ostroj a.s. a jeho pevnost je tedy odzkoušená i praxí.

### 3.1.3 Držák podpěry

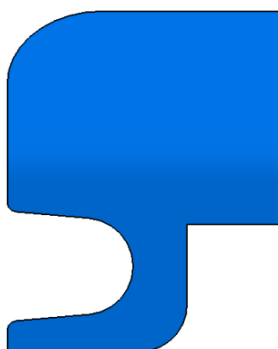
Držák podpěry nahrazuje naklápěcí vačku u varianty s naklápěním 180°. Na rozdíl od vačky popsané v předchozím bodě není jeho úkolem naklápět nohu, ale pouze ji držet ve stabilní poloze, když je podpěra zasunutá. Držák je tvořen ze dvou kusů plechu svařených dohromady (viz obr. 3.10). Použitým materiálem je stejná ocel, která je použita pro výrobu vaček.

Jednou z částí je 15 mm tlustý plech ohnutý do úhlu 140°. Na něm je vytvořen výřez (viz obr. 3.11), do kterého při zasouvání podpěry do příčnicku zajede váleček a zajistí se tím poloha naklopení nohy. Strany výřezu jsou zkosené o 5°, což dovoluje bezproblémově zasunout podpěru i s mírnou nepřesností naklopení. Zadní hrana ohnutého plechu je zaoblená o 25 mm rádius, aby se předešlo kontaktu držáku s rámem příčnicku.



Obr. 3.10 Držák podpěry v 180° poloze

Druhou z částí je plech fungující jako základna pro ohnutý kus. Je rovněž tvořen 15 mm tlustým plechem, díky tomu bude celek spolehlivě pevný a bude dobře zachycovat rázy od nohy podpěry, které vznikají při jízdě. Do tohoto plechu jsou vyvrtané 4 díry o průměru 17 mm, skrze které se svařený držák přišroubuje k příčnicku.



Obr. 3.11 Pohled na plochu držáku s výřezem

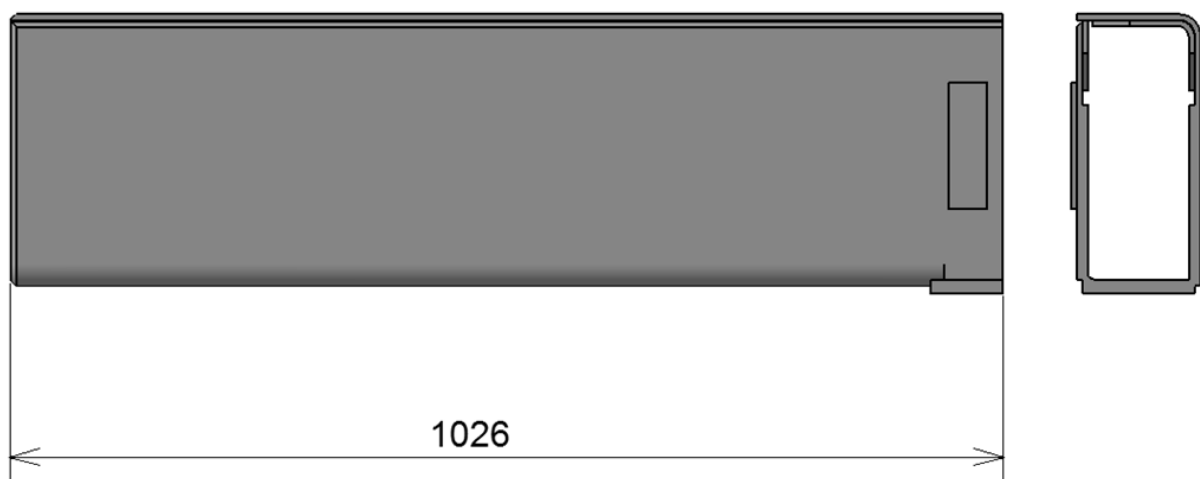
### 3.1.4 Výsuvná část podpěry

Rám podpěry je tvořen dvěma L profily spojenými dohromady svarem. Delší strana profilu je 272 mm vysoká, kratší má 128 mm. Plechy tvořící profil jsou tlusté 6 mm. Celková délka rámu je 1026 mm.

Na konci rámu podpěry, tj. části, která je blíže středu příčnicku, jsou z vnitřní strany po bocích navařeny další plechy tloušťky 6 mm zvětšující pevnost konstrukce. Oba plechy jsou 180 mm vysoké a 61 mm široké. Na spodní straně je z vnějšku přivařen obdélníkový plech 116 x 75 mm tloušťky 8 mm. V tomto místě je totiž podpěra namáhána při zapření. Tato deska také slouží pro zastavení výsunu podpěry o rámeček desky v koncové poloze vysunutí. Rám bylo potřeba také zpevnit v místě, kde se ve vysunutém stavu opírá konec příčnicku o podpěru. V tomto místě jsou přidány dovnitř rámu další 6 mm tlusté plechy. Ze strany, kde je rádius L profilu, je navařený zpevňující plech také ohnutý.

Jako poslední jsou na konci rámu navařeny dva malé, 6 mm tlusté obdélníkové plechy rozměrů 130 x 40 mm. Ty slouží, k vymezení vůle mezi příčnickem a podpěrrou. Tyto i všechny ostatní zpevnění můžeme pozorovat na obrázku 3.12 vpravo.

Do dna podpěry na druhém konci než byly navařeny zpevnění, je vyfrézován otvor, kterým bude vedena hydraulika k válci, připojeném na podpěru. Z čelní strany mají také plechy na rámu sražené hrany, aby vytvořily místo pro svar. Rám je ze stejného materiálu jako příčník, je použit plech s mezí kluzu  $R_e = 700$  MPa.

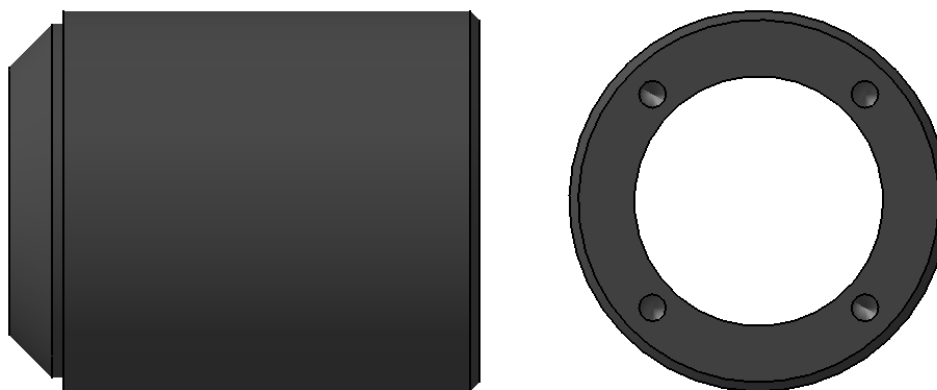


Obr. 3.12 Rám podpěry

## Čelo podpěry

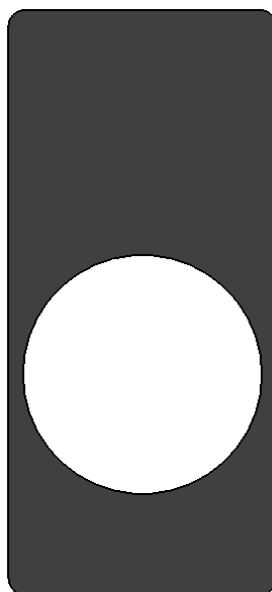
Čelo podpěry je tvořeno ze dvou kusů a jako celek přivařeno k rámu. Slouží jako propojení mezi rámem a hydraulickou nohou podpěry.

Jednou z částí je dutý válec o průměru 124,8 mm s vnitřním průměrem 82 mm. Ten tvoří čep, na kterém se otáčí noha. Zadní strana čepu má osazení, díky kterému čep dobře dosedne na plech, který je druhou částí čela. Konec osazení je čepu sražený, čímž se vytvoří prostor pro svar spojující obě části čela dohromady (obr 3.13 vlevo). Na čelní straně jsou do čepu vyvrtány 4 závitové díry pro šrouby M10, kterými se k čepu přišroubuje víko podpěry (viz obr. 3.13 vpravo).



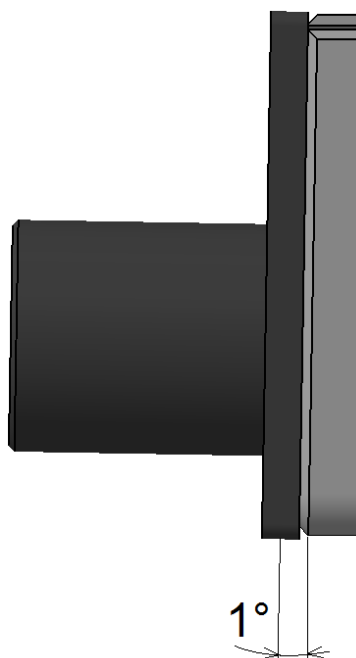
*Obr. 3.13 Válcová část čela*

Druhou výše zmíněnou částí je 20 mm tlustý plech, který propojuje čep s rámem. Uprostřed plechu je vytvořen otvor o průměru 116 mm, kterým se válec prostrčí. Svými rozměry tato část čela mírně přesahuje rozměry rámu podpěry.



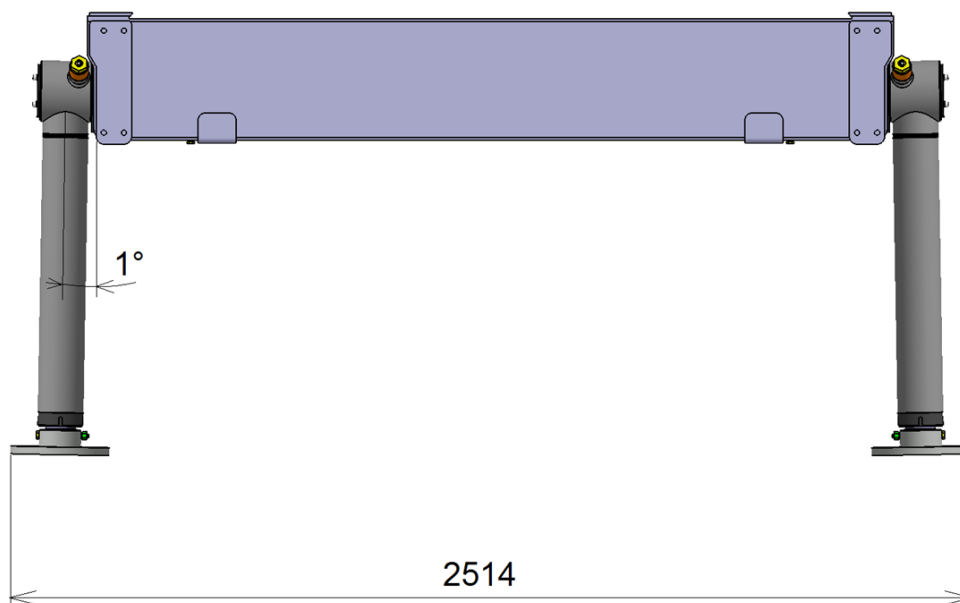
*Obr. 3.14. Plech tvořící čelo podpěry.*

Původním konstrukčním návrhem bylo naklonit celé čelo vůči rámu podpěry o  $1^\circ$  (viz obr. 3.15), čímž by byla nakloněná také noha podpěry. Tato úprava by měla pozitivní účinek na celkovou stabilitu jeřábu při vysunutých podpěrách.



*Obr. 3.15 Varianta s nakloněným čelem podpěry*

Toto řešení jsem však byl z konstrukčního hlediska nucen zamítnout. Hlavním důvodem byl fakt, že s nakloněným čelem přesahovala šířka podpěr v zasunutém stavu maximální povolenou šířku, jež byla určena jako 2500 mm [1] (viz obr. 3.16). Jedinou možnou úpravou, jak toto řešení zanechat, bylo zkrácení příčnicku, což by snížilo pevnost podpěry (více v kapitole 3.2).



*Obr. 3.16 Celková šířka podpěr s nakloněným čelem*

## Víko

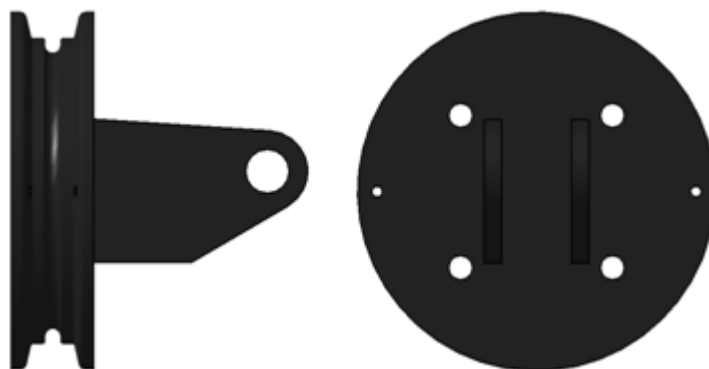
Víko má u naklápění o 30° a 45° poněkud omezenou funkci, než je tomu u naklápění o 180°. U prvně zmíněné varianty totiž splňuje pouze dvě funkce. Jedním z úkolů je zajištění nohy podpěry na čepu. Díky víku je noha na čepu upevněna proti výsunu, avšak stále se může na čepu volně otáčet. Druhým úkolem je zajistit propojení celé podpěry s hydraulickým válcem vedeným uvnitř příčnicku, díky čemuž je umožněno vysouvání podpěry. Víko je spojeno s čepem na čele pomocí čtyř šroubů M10.

Konstrukce víka u naklápění o 30° a 45° je tvořena kruhovým plechem tloušťky 6 mm a průměru 140 mm, ve kterém jsou vyvrtány čtyři 11 mm otvory pro šrouby. Uprostřed plechu jsou navařeny dva ramena tloušťky 8 mm (viz obr. 3.17). Samotné víko není příliš namáháno, nemusí proto být příliš mohutné.



*Obr. 3.17 Víko s úchytem hydraulického válce u 30° a 45° naklápění*

Víko u 180° má podstatně složitější úkol. Kromě zajišťování nohy podpěry a propojování s hydraulickým válcem, které je u této varianty stejné jako u předchozí, slouží kruhová část víka jako řetězové kolo (viz obr 3.18). S kolem je pevně spojen článkový řetěz, díky kterému se docílí naklápění podpěry o 180° (více v kapitole 3.3). Do víka jsou kromě 11 mm děr pro šrouby jako u předchozí varianty také vyvrtány dvě díry pro šrouby M6, které spojují s kolem výše zmíněný článkový řetěz.



*Obr. 3.18 Víko použité u 180° varianty naklápění*

### 3.1.5 Noha podpěry

Noha podpěry je poslední ze tří hlavních kusů mechanismu. Je to část, díky které dochází k podepření jeřábu a naklápění podpěr v zásadě znamená pootočení této nohy podpěry o požadovaný úhel v transportní poloze. Noha je také jedinou částí, která je bez větších úprav převzata z menšího jeřábu WM 145 firmy Ostroj a.s.

#### *Hydraulický válec*

Bezpochyby nejdůležitější částí je hydraulický válec. Na něj jsou napojeny všechny ostatní části nohy podpěry. Na samotném hydraulickém válci 120 / 100 - 600 (vnější průměr, vnitřní průměr a zdvih) je navařena trubka s vnějším průměrem 160 mm a vnitřním 125 mm o délce 135 mm. Tato trubka se poté nasadí na čep podpěry, který byl popsán výše. Na obvodu trubky jsou pod úhlem 60° od osy válce navařeny z obou stran válečky, ve kterých jsou poté vyvrtány závity M24. Do takto vytvořených matic se poté zašroubují šrouby držící váleček. Ačkoliv je váleček potřebný pouze na jedné straně, navařením matic na obě strany odpadá potřeba mít z každé strany podpěry jinou nohu.

Pístnici tvoří dutý válec o průměru 80 mm s tloušťkou stěny 15,5 mm, válec je tak velmi pevný, ale má také relativně nízkou hmotnost. Na konci má pístnice průměr zúžený na 76 mm a v těchto místech je také naskrz válcem vyvrtán otvor o průměru 13,5 mm, tím prostrčíme šroub spojující válec se stopou.



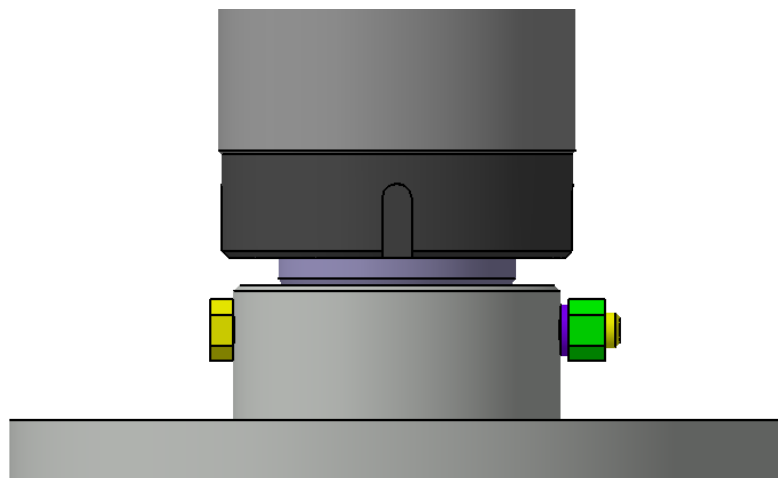
*Obr. 3.19 Hydraulický válec nohy*

Na válec je u 180° varianty připojená konstrukce, díky které budeme moci nohu naklápět (viz kapitola 3.4).

Mazání mezi čepem, na kterém je noha nasazená a nohou samotnou zmenšuje tření a hlučnost při naklápění nohy. Použité bude tuhé mazivo, které na čep nanese při montáži podpěr.

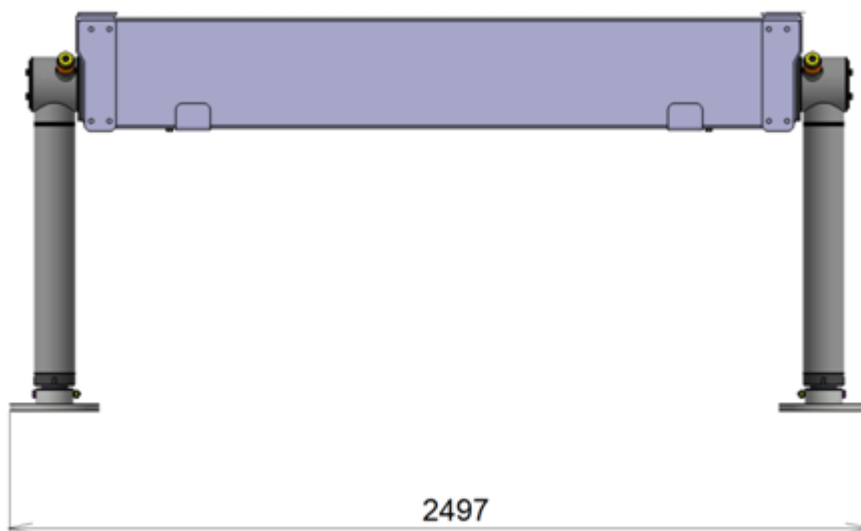
## Stopa

Stopa podpěry je částí, která přichází do kontaktu s podložím, o které jeřáb podepíráme. Je nasazená na zúžený konec pístnice a její poloha je zajištěná šroubem M12 prostrčeným skrz nohu a upevněná maticí s pružnou podložkou (obr. 3.20)



Obr. 3.20 Náhled z boku na model stopy podpěry i se šroubem

Použitím stopy na podpěře zvětšíme plochu, kterou bude podpěra dosedat na zem. Průměr dosedací plochy musí být dostatečně velký, aby nedocházelo k zabořování podpěr do země. Proto jsem zvolil průměr 260 mm. Ačkoli by byl ještě větší průměr více vhodný, při navrhování jsem byl omezen maximální šířkou podpěr v transportní poloze, která je, jak již bylo zmíněno výše, 2500 mm. Stopa podpěry je totiž členem, který nejvíce zasahuje do boků jeřábu (3.21). V případě podepírání jeřábu na měkkém podloží (např. rozmočená půda), připevníme dodatečně na stopu podstavec, zvětšující její dosedací plochu. Stopa musí být dostatečně pevná, aby zvládla bez poškození snášet velké zatížení.



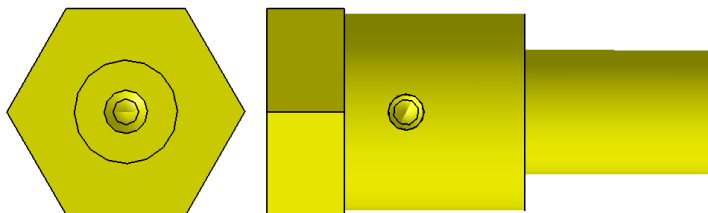
Obr. 3.21 Konečná šířka podpěr



### *Šroub pro váleček*

Částí, připojující váleček k noze, je speciální šroub se závitem M24, ten je zašroubován do jedné z matic vytvořených v trubce hydraulického válce. Pro každý z typů naklápění používáme jinou matici na noze. U 30° a 45° varianty volíme matici, která je na stejné straně jako vačka na příčniku. Jelikož se u 180° varianty noha otáčí vzhůru nohama, musíme šroub s válečkem zašroubovat do matice, která je na protější straně, než je držák podpěry.

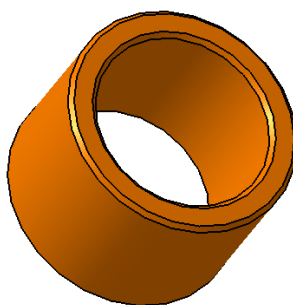
Na šroubu je opracovaná plocha o průměru 38mm, na kterou se váleček nasadí a po ní se také váleček otáčí. Aby byl pohyb válečku na šroubu plynulý a tichý, je potřeba prostor mezi šroubem a válečkem mazat. Z toho důvodu je v hlavě šroubu vyvrtaná díra se závitem, do které se zašroubuje maznice. Mazivo je poté vedeno dírami v těle šroubu přímo pod váleček. Šroub je navržen rozměrově dostatečně pevně, aby vydržel veškeré namáhání, které na něj bude při naklápění působit.



*Obr. 3.22 Schéma šroubu*

### *Váleček*

Váleček je nasazen na opracované ploše šroubu. Jeho úkolem je odvalovat se po tvarované čelní ploše vačky spojené s příčником. Vnější průměr válečku má 50 mm, vnitřní 38 mm a váleček je 35 mm vysoký.

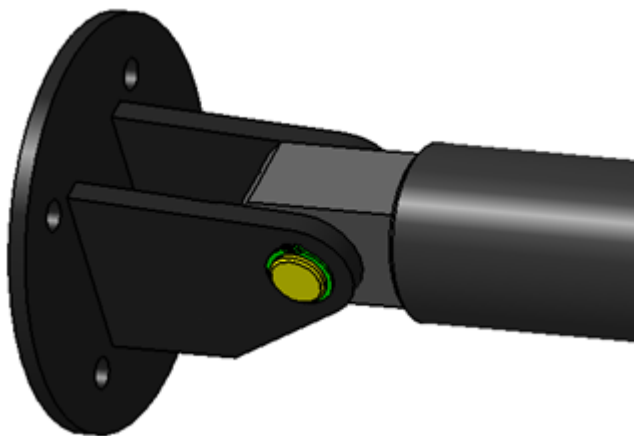


*Obr. 3.23 Váleček*

Váleček při vysouvání nebo zasouvání nohy drží celou váhu nohy, musí být proto vyroben z kvalitního materiálu, který toto namáhání vydrží. Stávající nohy na jeřábech firmy Ostroj používají válečky vyrobené z materiálu 42CrMo4+QT, což je nízkolegovaná ušlechtilá chrom-molybdenová ocel určená pro více namáhané strojní díly. Tento materiál jsem použil také.

### 3.2 Řešení vysouvání podpěr

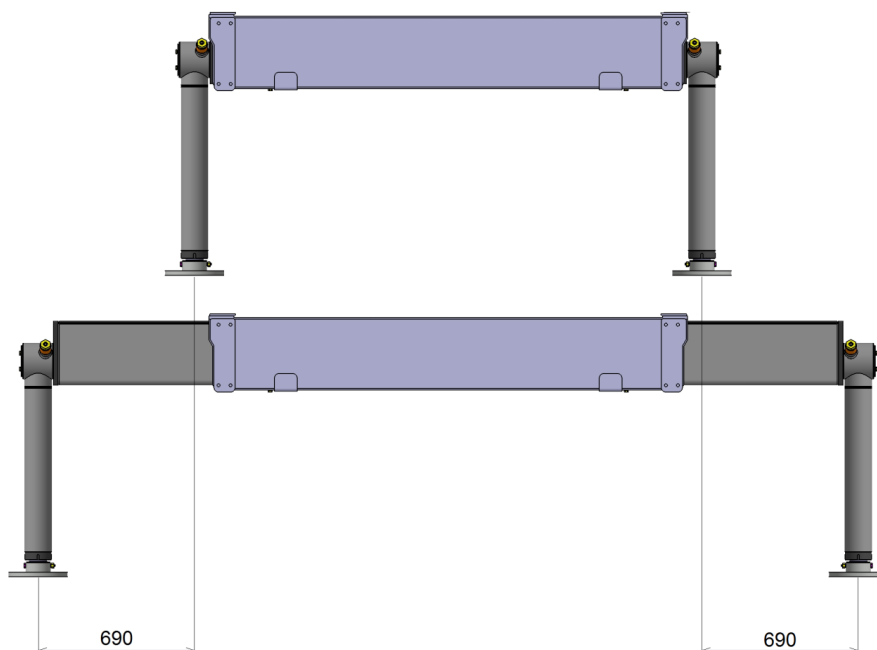
Vysouvání podpěr je docíleno hydraulickým válcem, který je veden vnitřkem rámu příčnicku a podpěr. S příčnickem není válec spojen žádným způsobem, oba jeho konce jsou napojeny na ramena přivařené na víka podpěr. Spojení je docíleno pomocí čepů o průměru 20 mm, zajištěných pojistnými kroužky (viz obr. 3.24).



*Obr. 3.24 Připojení hydraulického válce k víku podpěry*

Hydraulické hadice vedoucí kapalinu do válce jsou vedeny otvorem vytvořeným na dně podpěr. Když jsou podpěry zasunuté v transportní poloze, dosedá hydraulika do výřezu dna příčnicku. Naplňováním kapaliny nad píst jsou podpěry roztahovány. Pořadí, ve kterém se podpěry vysouvají, není stanoveno. Nejprve se vysouvá podpěra, u které je momentálně nejmenší odpor (např. když je jeřáb mírně nakloněn apod.). Podpěra se vysouvá tak dlouho, dokud nenarazí plechem, který je navařený na spodní části konce podpěry, do rámečku pro kluznou desku. Konstrukcí je zařízeno, aby byl kontakt podpěry s rámečkem dosažen v okamžiku, kdy je podpěra vysunuta o požadovaný zdvih. Ten byl u jeřábu stanoven jako 690 mm [1].

Jelikož v okamžiku, kdy se první podpěra vysune o požadovaných 690 mm a nemůže se dále vysouvat, stále přivádíme kapalinu nad píst, začne se vysouvat podpěra druhá. Maximální výsun druhé podpěry (viz obr 3.25) je nejen omezen rámečkem, ale také maximálním zdvihem pístu. Zdvih hydraulického válce je 1380 mm, což znamená, že jeho hodnota je nastavená přesně na požadovaný výsun obou podpěr 2 x 690 mm.

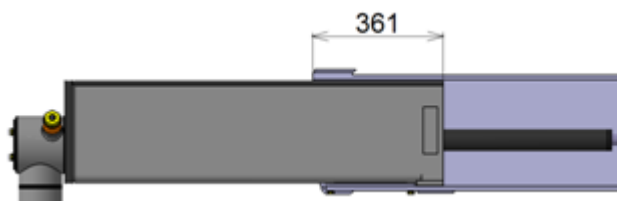


*Obr. 3.25 Zakótovaný výsun podpěr*

Při návrhu vysouvání podpěr bylo třeba zajistit, aby byly podpěry dostatečně pevně vetknuty v příčniku i při maximálním vysunutí. Délka vetknutí má totiž vliv na pevnost a stabilitu podpěr. U stávajícího jeřábu WM 195, který nemá naklápění, je velikost vetknutí rovna 376 mm [1]. K této hodnotě se bylo nutné co nejvíce přiblížit, aby se předešlo poškozování podpěr při manipulaci s těžkými břemeny.

Nucenou úpravou přesazení horní části příčniku nad dolní (viz kapitola 3.1.1) se velikost vetknutí podstatně snížila. Abychom tuto hodnotu opět navýšili, bylo potřeba prodloužit podpěru v příčniku. Z jedné strany však bylo prodlužování omezeno maximální šířkou podpěr v transportní a z druhé strany byla délka podpěry omezena nutnou vůlí mezi podpěrami v zasunutém stavu. Tento fakt by se dal obejít použitím podpěr zasouvajících se do sebe. Avšak v tomto případě by měla jedna strana podpěr menší pevnost, než druhá.

Jako maximální možnou vůli mezi podpěrami v zasunutém stavu jsem zvolil 8 mm. Tímto by se mělo předejít nežádanému kontaktu podpěr při získání co nejdelší možné délky podpěry. Těmito úpravami jsem dosáhl hodnoty vetknutí rovné 361 mm, což jsem považoval za dostatečné. (obr. 3.26)



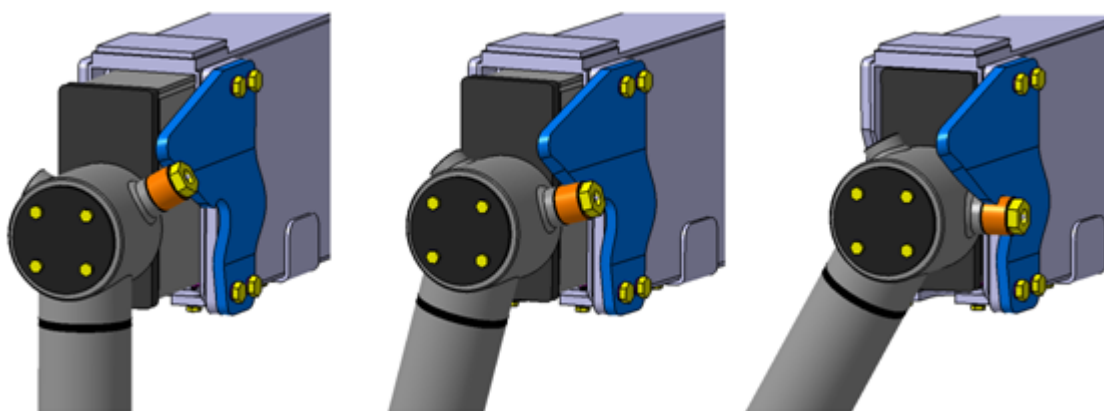
*Obr. 3.26 Zakótované vetknutí podpěry ve vysunutém stavu*

### 3.3 Řešení naklápění o 30° a 45°

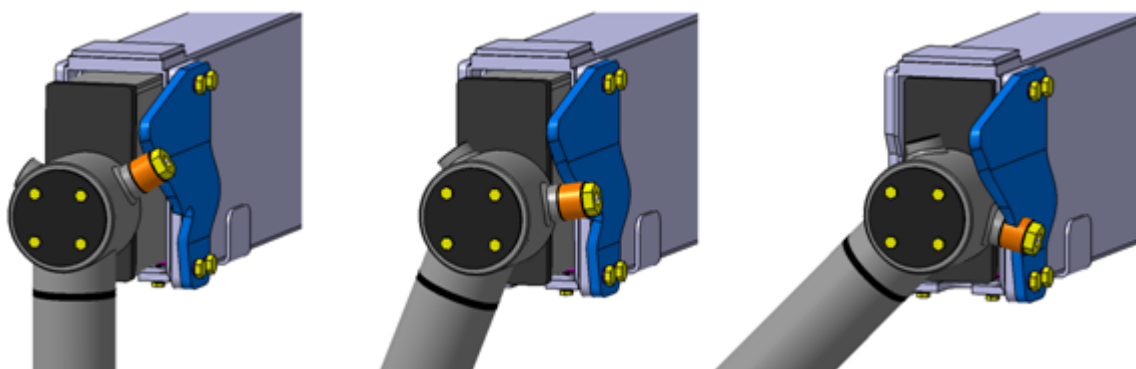
Naklápění podpěr o 30° a 45° fungují na stejném principu. Jsou umožněny díky vysouvání podpěr a vačce přišroubované k příčníku. Principem naklápění je odvalování válečku po tvarové ploše vačky příčníku při zasouvání příp. při vysouvání podpěry.

Při zasouvání podpěry do transportní polohy narazí váleček na noze podpěry těsně před zasunutím do příčníku na vačku. Díky zkosení vačky se váleček bude při stálém zasouvání nohy po vačce odvalovat a tím se bude celá noha podpěry naklápět. Na konci zkosení vačky je zarážka tvarovaná speciálně pro váleček, ten do ní zapadne v momentě, kdy je podpěra kompletně zasunutá (obr. 3.27). Při vysouvání podpěry váleček nejprve vyjede ze zarážky a poté postupně sjíždí z vačky, čímž se noha vrací do provozní vertikální polohy.

Noha v transportní poloze musí být proti případnému pohybu zajištěna minimálně dvěma způsoby. Prvním z nich je samotná zarážka na vačce, kde noha při naklápění sama zajede. Druhým zajištěním je hydraulický zámek na válci vysouvajícím podpěry. Díky tomu zajistíme, že se podpěry nebudou samy od sebe vysouvat a nebudou se příliš pohybovat při jízdě jeřábu.



Obr. 3.27 Schéma naklápění o 30°

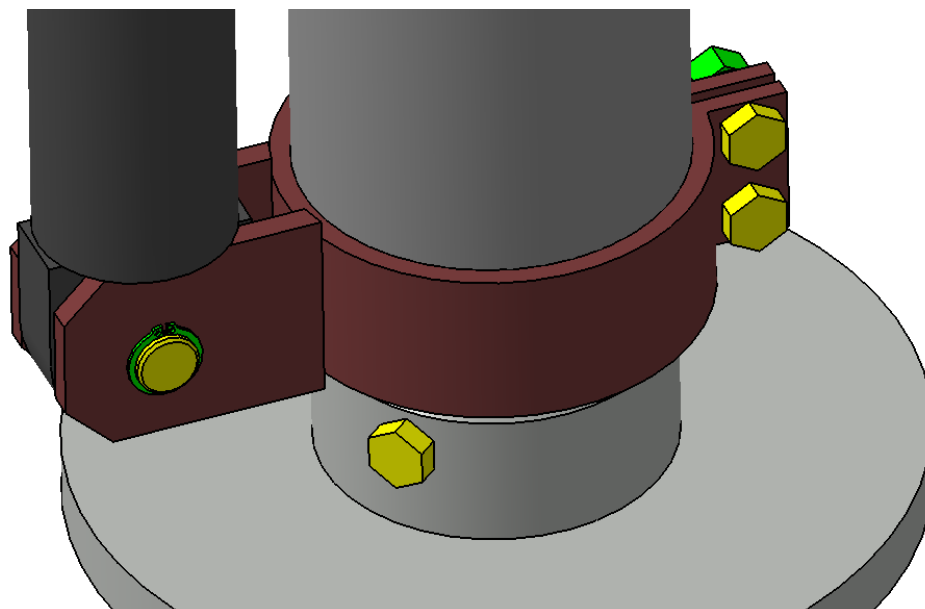


Obr. 3.28 Schéma naklápění o 45°

### 3.4 Řešení naklápění o 180°

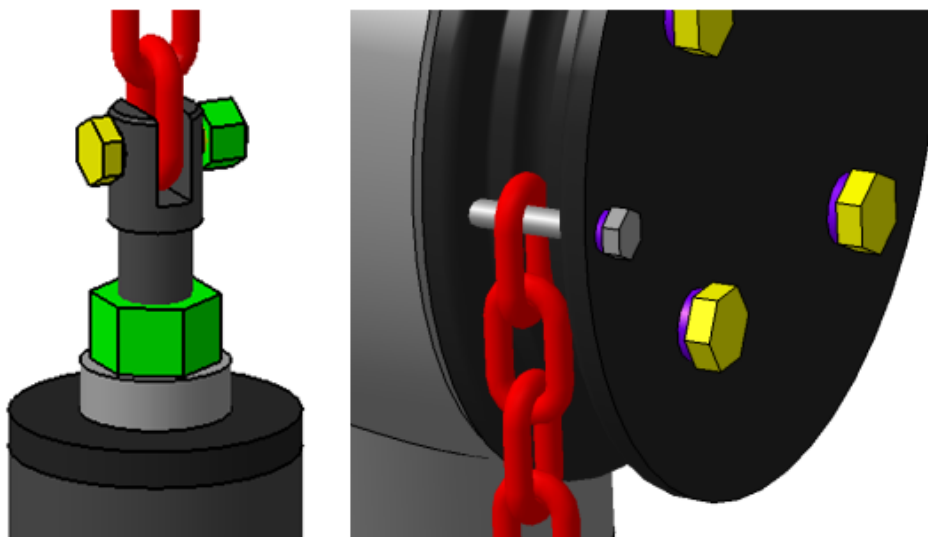
Naklápění o 180° je řešeno odlišně než předchozí způsob. Jeho stavěno na použití dalšího hydraulického válce (50 / 32 – 250), který je pevně spojen s nohou podpěry. Na pístu válce je šroubem připevněn jeden konec článkového řetězu. Druhý konec řetězu je, jak již bylo výše zmíněno, připevněn k víku podpěry.

Hydraulický válec je k noze podpěry připevněn pomocí svorky. Na té jsou navařeny ramena o tloušťce 8 mm, mezi které je válec zasunut. Válec je se svorkou spojen čepem, který je proti vypadnutí zajištěn z každé strany pojistnými kroužky. Použil jsem čep o průměru 20 mm, z důvodu značného namáhání na stříh, které vzniká při zvedání nohy. Svorka je spojená s nohou třecím stykem. Dostatečné tření je vyvinuto dvěma šrouby M12 s pružnou podložkou. (viz obr 3.29)



*Obr. 3.29 Hydraulický válec (černá barva) spojen s nohou pomocí svorky (hnědá barva)*

V pístu hydraulického válce je vyvrtán závit pro šroub M18. Do něj je zašroubován speciálně konstruovaný šroub s vyfrézovanou drážkou, kterým k pístu připojíme řetěz. Velikostí utažení tohoto šroubu můžeme regulovat napnutí řetězu. Konečnou pozici šroubu ujistíme proti nežádoucímu vysouvání matici. Použitý článkový řetěz 6 x 22 (jmenovitá tloušťka a rozteč) je spojen se šroubem pomocí šroubu M12. (viz obr. 3.30 vlevo). S víkem podpěry je řetěz spojen pomocí šroubu M6

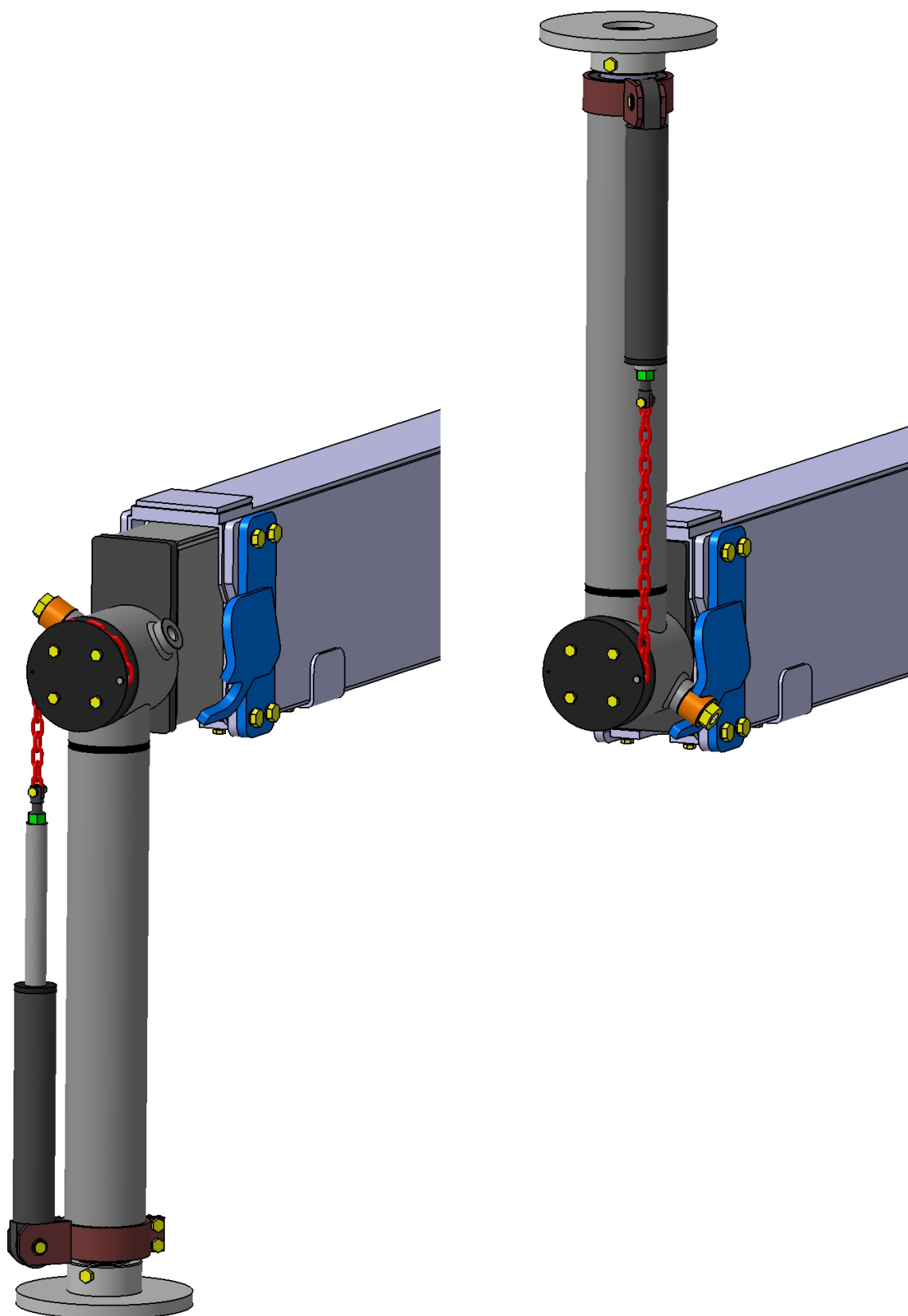


*Obr. 3.30 Vlevo detail spojení řetězu s pístem hydraulického válce (světle šedá barva)  
a vpravo spojení s víkem*

### **3.4.1 Princip naklápění**

V transportní poloze je píst hydraulického válce zasunutý a řetěz je tudíž napnutý. V tomto stavu, kdy je noha otočená o 180° není řetěz veden kolem víka podpěry, ale směřuje přímo z místa upnutí nahoru (viz obr. 3.31 vpravo). Jakmile chceme nohu spustit do pracovní polohy, musíme nejdříve podpěru vysunout. A to z toho důvodu, že když je podpěra zasunutá, je váleček na noze podpěry uložen v držáku spojeném s příčnickem. Po vysunutí podpěry začneme přivádět kapalinu pod píst hydraulického válce. Tím se nám píst spojený s řetězem začne vysouvat a řetěz postupně uvolní. Dalším vysouváním pístu se noha podpěry začne spouštět a řetěz se začne namotávat na víko. Jakmile dosáhneme pracovní polohy (noha směřuje k zemi), řetěz obepíná víko podpěry ze 180° (obr. 3.27 vlevo).

Pro zvednutí nohy začneme píst zasouvat, tím jak se bude řetěz postupně natahovat, se začne noha podpěry zvedat. Zvedáme ji tak dlouho, dokud píst celý nezasune a noha bude otočená. Poté se zasunou podpěry a váleček na noze se zajistí v držáku podpěry přišroubovaném na příčnicku.



*Obr 3.31 Schéma podpěry v provozní poloze (vlevo) a v transportní poloze (vpravo)*

### 3.4.2 Hydraulický obvod

Obvod ovládající výsun pístu s řetězem je napojen na hlavní hydraulický obvod jeřábu [2]. Ten ovládá nejen roztahování podpěr do boku a výsun nohou, ale je do něj také zapojeno veškeré ovládání jeřábu. Celý hydraulický obvod je napájen dvouokruhovým čerpadlem, jež do obvodu dodává 2x60 l/min, což nám poskytne dostatek množství dodávaného oleje pro všechny funkce jeřábu. Napojení obvodu ovládacího výsun pístu s řetězem a tím i naklápění podpěry je provedeno za hydraulickým zámkem. Úkolem zámku je uzavírat tlak ve válci v obou směrech proudění. Otevření zámku se uskuteční až v momentě, kdy začneme přivádět tlakovou kapalinu do prostoru nad píst případně pod píst. Bez přivádění tlakové kapaliny s obvodu před zámkem. Zámky jsou umístěny na obou nohách podpěr.

Hlavní částí obvodu ovládacího naklápění podpěr (obr 3.32) jsou sekvenční ventily. Jsou to ventily, na kterých je nastaven určitý tlak, který uzavírá průtok oleje v jenom směru. Pokud se dosáhne či překročí nastavené hodnoty tlaku, ventil se otevře a umožní proudění oleje skrz něj. Tímto se nám dostane olej do požadované části obvodu. V opačném směru proudění je ventil stále otevřen. Pro svůj obvod použiji ventily firmy Bosh Rexorth s maximálním pracovním tlakem 35 MPa a maximálním průtokem 100 l/min.

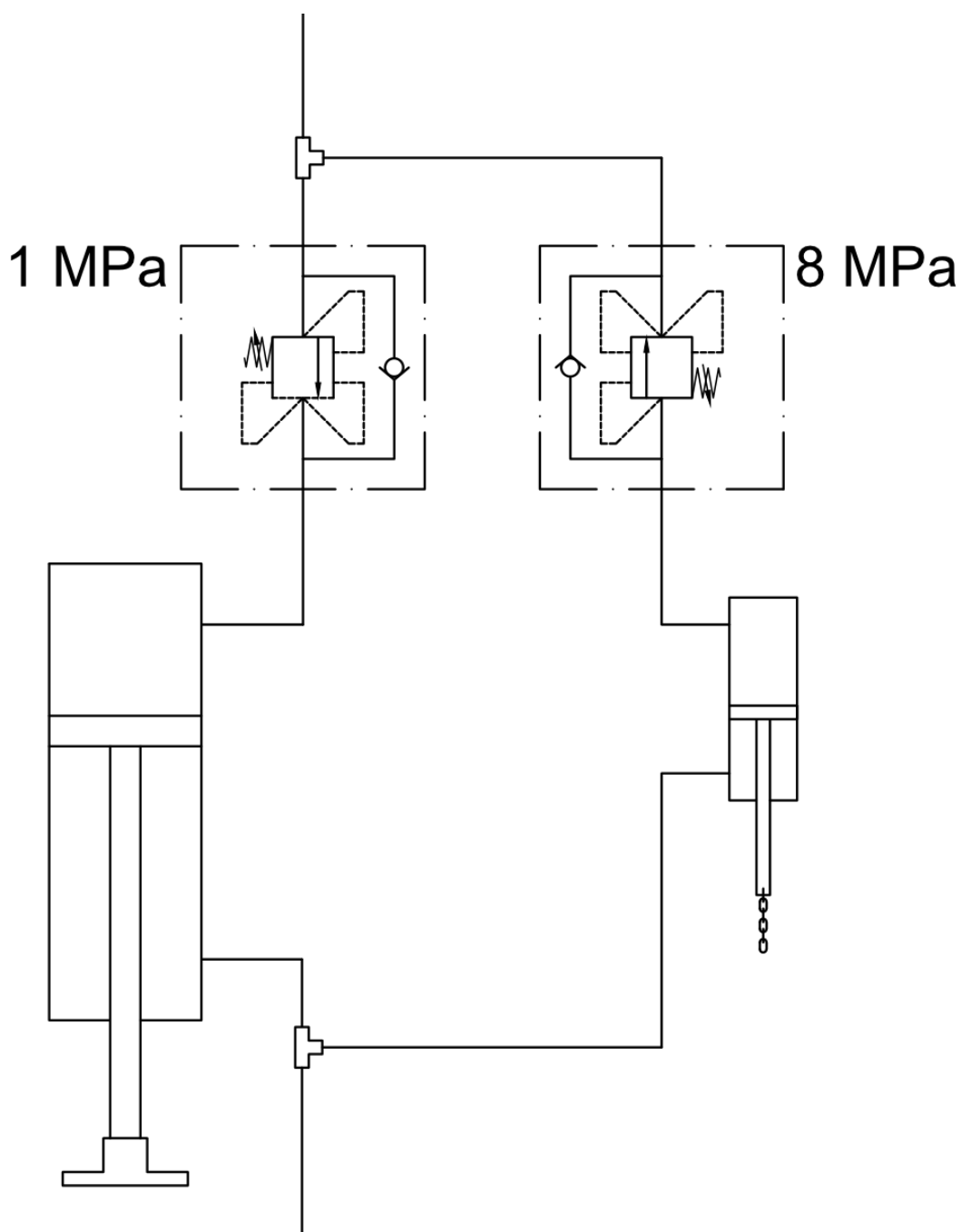
#### *Spouštění podpěry do provozní polohy*

V mém případě jsem zařadil do obvodu dva sekvenční ventily. První z nich je na vstupu kapaliny do malého hydraulického válce ovládacího naklápění podpěry. Je zapojen takovým způsobem, aby kapalina volně proudila do válce. Tím se nám začne vysouvat píst s řetězem a podpěra se začne otáčet dolů do provozní polohy. Když válec dojde na doraz do maximálního zdvihu a podpěra je úplně dole, nemá kapalina hydrauliky kde proudit a začne se zvedat tlak v obvodu. Když tlak dosáhne hodnoty 1 MPa, otevře se druhý sekvenční ventil. Ten je zařazen před vstupem do hydraulického válce ovládacího vysouvání nohy podpěry. Pokud se v praxi zjistí, že ventil nastavený na 1 MPa není dostatečný a noha se vysouvá ještě před kompletním otočením, bude potřeba nastavit ventil na 2 nebo 3 MPa. Válec se plní až do doby, kdy se podpěra vysouváním upne o zem.



### *Zvedání podpěry do transportní polohy*

Při naklápění podpěry do transportní polohy plníme kapalinu nad písty válců. Díky zařazení ventilů je nejprve zvedán válec tvořící nohu podpěry. Ten má totiž ventil nastaven takovým způsobem, že je pro kapalinu vystupující z prostoru pod pístem vždy otevřen. Plnění malého válce ovládacího naklápění podpěry, brání zařazený sekvenční ventil nastavený na tlak 8 MPa. Když je noha podpěry kompletně zasunutá, začne stoupat v obvodu tlak. Jakmile dosáhneme hodnoty 8 MPa otevře se ventil u malého válce a píst s řetězem se začne zasouvat. Tím se nám začne podpěra naklápět nahoru do požadovaných 180°.

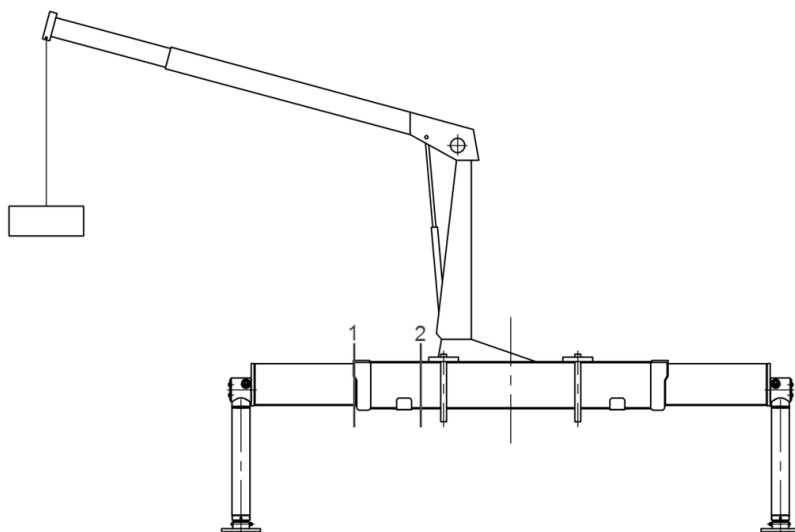


*Obr 3.32 Schéma hydraulického obvodu za hydraulickým zámkem na noze podpěry*

## 4 Výpočty

### 4.1 Kontrola průřezů podpěr

Výpočtem kontroly průřezů podpěr zjistíme, zda navržené rozměry a použitý materiál odolají při zatížení. Na obrázku 4.1 můžeme vidět schéma připojení podpěr k tělu jeřábu a také dva šrouby připojující podpěry ke konstrukci vozidla. Jeřáb je z jedné strany uložen mírně excentricky, z důvodů potřebného místa pro skládání ramene jeřábu. Kontrolovat budu zaznačené průřezy na příčnίκu. Průřez 1 se týká výsuvné podpěry a je vzdálený 800 mm od osy nohy podpěry, průřez 2 je počítán pro příčnίκ a je od osy vzdálen 1350mm.

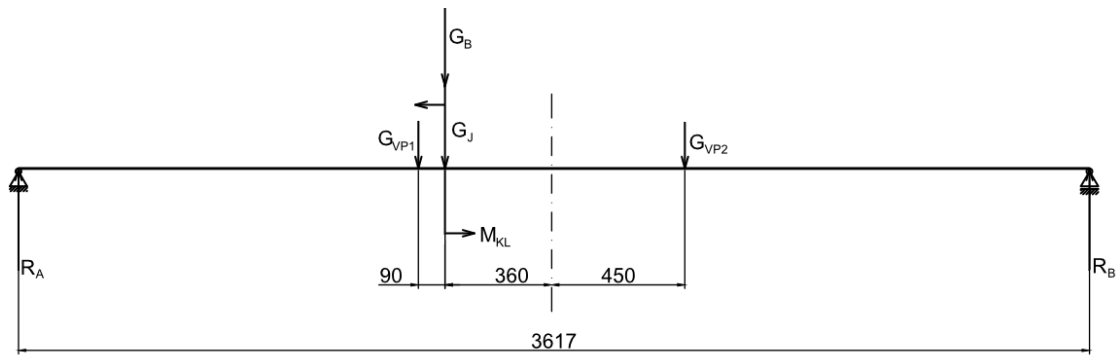


Obr. 4.1 Schéma jeřábu spojeného s podpěrami

Pro zjednodušení pro výpočty jsem toto schéma zakreslil jako nosník, na jehož koncích působí reakce. Působení tíhy břemene na rameni jeřábu jsem zavedl jako klopný moment působící na nosník v místech, kde je jeřáb připojen (viz obr. 4.2). Další silou působící na nosník je samotná tíha ramene jeřábu spolu s tíhou břemene a také jsou na nosník zavedeny reakce od spojujících šroubů, které přenášejí část hmotnosti vozidla a hmotnost příčnίκu s podpěrami.

Tíha ramene jeřábu  $G_J$  je 24513 N, břemeno jsem zvolil o tíze  $G_B = 25508$  N. Maximální klopný moment  $M_{KL}$  působící od ramene je 262103790 Nmm [1]. Tíhu celého vozidla jsem si určil jako 200000 N, jelikož ale podpěry nezvedají celé vodidlo ze země, ale pouze ho odlehčí, zvolil jsem tíhu působící na příčnίκ jako 1/3 tíhy celého vozidla. K této hodnotě také připočtu tíhu příčnίκu a podpěr  $G_{PP}$ , jež se rovná 4169 N [1]. Celková tíha vozu a podpěr se rozloží do dvou šroubů spojujících příčnίκ s rámem vozu a je vypočítána ze vzorce 4.1.

Pro kontrolu nejhorší situace jsem zvolil zvedání břemen na stranu, kde je část nosníku kratší.



Obr. 4.2 Zjednodušení podpěr jako nosníku

Tíha vozidla a podpěr

$$G_{VP1} = G_{VP2} = \frac{\frac{G_V}{3} + G_{PP}}{2} \quad (4.1)$$

$$G_{VP1} = G_{VP2} = \frac{\frac{200000}{3} + 4169}{2}$$

$$\underline{\underline{G_{VP1} = G_{VP2} = 35418 \text{ N}}}$$

Rovnice rovnováhy

$$\sum F_y = R_A - G_{VP1} - G_B - G_J - G_{VP2} + R_B = 0 \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = & -R_A \cdot 3617 + G_{VP1} \cdot \left( \frac{3617}{2} + 450 \right) + M_{KL} + (G_J + G_B) \cdot \left( \frac{3617}{2} + 360 \right) + \\ & + G_{VP2} \cdot \left( \frac{3617}{2} - 450 \right) = 0 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Ze vzorce 4.3 si odvodíme reakci  $R_A$  a dopočtem ze vzorce 4.2 zjistíme reakci  $R_B$ .

$$R_A = \frac{G_{VP1} \cdot \left( \frac{3617}{2} + 450 \right) + M_{KL} + (G_J + G_B) \cdot \left( \frac{3617}{2} + 360 \right) + G_{VP2} \cdot \left( \frac{3617}{2} - 450 \right)}{3617}$$

$$R_A = \frac{35418 \cdot 2258,5 + 262103790 + 50021 \cdot 2168,5 + 35418 \cdot 1358,5}{3617} = \underline{\underline{137872 \text{ N}}}$$

$$R_B = -R_A + G_{VP1} + G_B + G_J + G_{VP2}$$

$$R_B = -137872 + 35418 + 25508 + 24513 + 35418 = \underline{\underline{-17015 \text{ N}}}$$

### Kontrola průřezu 1

V programu Catia [9] jsem zjistil:

- plocha průřezu  $S = 6000 \text{ mm}^2$
- moment setrvačnosti  $I_x = 59914800 \text{ mm}^4$
- vzdálenost osy rotace od hrany  $e = 166,19 \text{ mm}$

Výpočet ohybového napětí v místě průřezu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{R_A \cdot x}{\frac{I_x}{e}} \quad (4.4)$$

$$\sigma_o = \frac{137872 \cdot 800}{\frac{59914800}{166,19}} = \underline{\underline{305,9 \text{ MPa}}}$$

Výpočet tečného napětí v průřezu

$$\tau = \frac{R_A}{S} \quad (4.5)$$

$$\tau = \frac{137872}{6000} = \underline{\underline{23 \text{ MPa}}}$$

Redukované napětí vypočtené podle HMH

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (4.6)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{305,9^2 + 3 \cdot 23^2} = \underline{\underline{308,5 \text{ MPa}}}$$

Kontrola bezpečnosti

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} \quad (4.7)$$

$$k_s = \frac{700}{308,5} = \underline{\underline{2,26}}$$

## Kontrola průřezu 2

V programu Catia [9] jsem zjistil:

- plocha průřezu  $S = 7000 \text{ mm}^2$
- moment setrvačnosti  $I_x = 113100000 \text{ mm}^4$
- vzdálenost osy rotace od hrany  $e = 159 \text{ mm}$

Výpočet ohybového napětí v místě průřezu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{R_A \cdot x}{\frac{I_x}{e}}$$

$$\sigma_o = \frac{137872 \cdot 1350}{\frac{113100000}{159}} = \underline{\underline{261,7 \text{ MPa}}}$$

Výpočet tečného napětí v průřezu

$$\tau = \frac{R_A}{S}$$

$$\tau = \frac{137872}{7000} = \underline{\underline{19,7 \text{ MPa}}}$$

Redukované napětí vypočtené podle HMH

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{261,7^2 + 3 \cdot 19,7^2} = \underline{\underline{263,9 \text{ MPa}}}$$

Kontrola bezpečnosti

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}}$$

$$k_s = \frac{700}{263,9} = \underline{\underline{2,7}}$$

V obou průřezích vyšla bezpečnost na mezi kluzu dostatečně vysoká. Použité rozměry i materiál jsou navrženy dostatečně pevně.

## 4.2 Kontrola svaru na čele podpěry

Další částí kontroly bylo zjištění, zda svar spojující čelo podpěry s rámem podpěry vydrží při působení reakční síly v noze. Podpěry jsou svařeny drátem ČSN EN 16 834 – G 69 3 M21 Mn3Ni1CrMo.

- G svarový drát pro obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře.

- 69 pevnostní vlastnosti a tažnosti svarového kovu

$$R_{eL} = 690 \text{ MPa}, R_m = 770 - 940 \text{ MPa}$$

- 3 minimální nárazová práce svarového kovu při  $-30^\circ\text{C}$

$$KV_{\min} = 47 \text{ J}$$

- M21 označení ochranného plynu dle ČSN EN ISO 14 1759

$$\text{Ar} + (15 < \text{CO}_2 \leq 25)\%$$

- Mn3Ni1CrMo chemické složení drátu

V programu Catia [9] jsem zjistil:

- plocha svaru  $S_{sv} = 3980 \text{ mm}^2$
- moment setrvačnosti  $I_x = 38736700 \text{ mm}^4$
- vzdálenost osy rotace od hrany  $e = 140 \text{ mm}$

Výpočet smykového napětí ve svaru

$$\tau_{II} = \frac{R_A}{S_{sv}} \quad (4.8)$$

$$\tau_{II} = \frac{137872}{3980} = \underline{\underline{34,6 \text{ MPa}}}$$

Výpočet ohybového napětí ve svaru

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{R_A \cdot x}{\frac{I_x}{e}} \quad (4.9)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{137872 \cdot 88,5}{\frac{38736700}{140}} = \underline{\underline{44,1 \text{ MPa}}}$$

Výsledné smykové napětí ve svaru

$$\tau_v = \sqrt{\tau_{II}^2 + \tau_{\perp}^2} \quad (4.10)$$

$$\tau_v = \sqrt{34,6^2 + 44,1^2} = \underline{\underline{56,1 \text{ MPa}}}$$

Výpočet bezpečnosti na mezi kluzu

$$k_s = \frac{R_e}{\tau_v} \quad (4.11)$$

$$k_s = \frac{690}{56,1} = \underline{\underline{12,3}}$$

Bezpečnost svaru na mezi kluzu vyšla dostatečně vysoká. Použitý drát poskytne dostatečnou pevnost spoje i při maximálním zatížení, se kterým jsem počítal.

### 4.3 Kontrola nohy podpěry na vzpěr

Poslední kontrolou podpěr je kontrola nohou na vzpěr. Kontrolou zjistíme, zda reakce v noze podpěry nepřekročila kritickou sílu. Uložení nohy jako prutu budu uvažovat jako kloub – kloub, protože oba konce nohy se z bočního pohledu mohou natáčet.

Výpočet momentů setrvačnosti

$$I_X = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) \quad (4.12)$$

- pístnice

$$I_{1X} = \frac{\pi}{64} \cdot (80^4 - 49^4) = \underline{\underline{1727640,3 \text{ mm}^4}}$$

- velký válec

$$I_{2X} = \frac{\pi}{64} \cdot (120^4 - 100^4) = \underline{\underline{5270021,7 \text{ mm}^4}}$$

Výpočet redukované délky z délky pístnice  $l_1$  a délky hydraulického válce  $l_2$

$$l_{red} = l_1 + l_2 \cdot \left( \frac{I_{1X}}{I_{2X}} \right)^2 \quad (4.13)$$

$$l_{red} = 704 + 796 \cdot \left( \frac{1727640,3}{5270021,7} \right)^2 = \underline{\underline{790 \text{ mm}}}$$

Výpočet poloměru kvadratického momentu

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}} \quad (4.14)$$

$$i = \sqrt{\frac{1727640,3}{\frac{\pi}{4}(80^2 - 49^2)}} = \underline{\underline{23,5 \text{ mm}}}$$

Výpočet štíhlostního poměru a porovnání s mezní štíhlostí pro použitý materiál  $\lambda_m = 100$

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i} \quad (4.15)$$

$$\lambda = \frac{790}{23,5} = \underline{\underline{33,6}}$$

Výsledný štíhlostní poměr vyšel menší než mezní štíhlost a je tedy nutno počítat vzpěr podle Tetmajer-Jasinského rovnice [3]

Výpočet kritického napětí

$$\sigma_{kr} = 335 - 0,62 \cdot \lambda \quad (4.16)$$

$$\sigma_{kr} = 335 - 0,62 \cdot 33,6 = \underline{\underline{314,2 \text{ MPa}}}$$

Kontrola bezpečnosti

$$k_{kr} = \frac{\sigma_{kr} \cdot \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}{R_A} \quad (4.17)$$

$$k_{kr} = \frac{314,2 \cdot \frac{\pi}{4}(80^2 - 49^2)}{137872} = \underline{\underline{7,2}}$$

Výsledná bezpečnost je dostatečně velká, zatížení hydraulického válce je menší, než je velikost kritického napětí.



## 5 Závěr

Na základě výsledků průzkumu trhu a informací poskytnutých konzultantem firmy Ostroj a.s. bylo navrženo konstrukční řešení hydraulických podpěr, umožňující automatické naklápění o 30°, 45° a 180°. Optimální řešení výrobku bylo dosaženo postupnými úpravami původních návrhů s ohledem na pevnost celku.

Pro oba nízké úhly naklápění byla navržena tvarová vačka připojená k příčnicku, mající za úkol vést váleček nohy podpěry a tím celou nohu naklopit. U naklápění o 180° byl navržen držák podpěry nahrazující vačku a popsán mechanismus naklápění. Tento mechanismus byl rovněž doplněn schématem hydraulického obvodu, zajišťující správnou funkčnost naklápění.

Zajištění podpěr v transportní poloze bylo docíleno jednak konstrukční úpravou váček u nízkých úhlů naklápění a samostatným držákem podpěry u 180° varianty. Jako druhý způsob zajištění byl zvolen hydraulický zámek.

Kontrolními výpočty byla zjištěna dostatečná pevnost použitých materiálů a navržených rozměrů. Vysoká výsledná bezpečnost zajistí bezpečný a bezproblémový provoz celku.

Pro vlastní realizaci výrobku byly vytvořeny tři výkresy. První z nich je výrobní výkres válečku, druhým výkresem je sestava podpěr s částmi, které jsou společné pro všechny tři varianty naklápění. Posledním výkresem jsou detailní pohledy na jednotlivé naklápěcí mechanismy

Výsledkem této práce jsou podpěry nakládacího mobilního jeřábu WM 195 s automatickým řešením naklápění o 30°, 45° a 180°.

Vytyčené úkoly vypsane v úvodu práce, byly splněny.

## 6 Seznam použitých zdrojů

- [1] Informace poskytnuté konzultantem DP - Ing. Ivo Černý (Ostroj a.s.)
- [2] Materiály o hydraulice jeřábu WM 195 - Ing. Ladislav Mička (Ostroj a.s.)
- [3] Leinveber, J., Vávra P.: Strojnické tabulky, první vydání  
- Albra, spol. s.r.o., Úvaly, Praha, 2003, 865 s. ISBN 80-86490-74-2
- [4] URL: <http://www.ostroj.cz/> Stránky společnosti Ostroj a.s.
- [5] URL: <http://www.ensinger.ltd.uk/> Oficiální stránky výrobce materiálu Tecast TM
- [6] URL: <http://www.liv-hidravlika.si> Stránky společnosti LIV Hidravlika
- [7] URL: <http://www.google.com> Vyhledávač využitý pro získání materiálu do rešerše
- [8] SCHNEIDER, William D. Dual mode outrigger for the boom truck or the like.  
Int. Cl.: B60S 9/02. United States Patent, 7 331 607. 2008-02-19

### 6.1 Seznam použitého software

- [9] Catia V5
- [10] AutoCAD 2011
- [11] Microsoft Office 2007
- [12] IrfanView 4.28

## 7 Přílohy

[1] CD

[2] Výkres sestavy podpěr, č. v. GOR077 – SN2KIE01 – S01

[3] Výkres detailů nakládění, č. v. GOR077 – SN2KIE01 – S02

[4] Výrobní výkres trnu, č. v. GOR077 – SN2KIE01 – V01